

# FISIOLOGIA E EXERCÍCIO

## Testes laboratoriais para avaliação do rendimento em diferentes condições de esforço



Designed by Freepik

Catarina Pereira, PhD

Jorge Bravo, PhD



Ficha Técnica

## **Título**

Fisiologia e Exercício - Testes laboratoriais para avaliação do rendimento em diferentes condições de esforço

## **Edição**

Universidade de Évora

## **Autores**

Catarina Pereira, PhD

Jorge Bravo, PhD

## **ISBN**

978-989-99122-6-7

Évora, Junho de 2018

## AGRADECIMENTOS

Os autores deste livro agradecem aos seus alunos as sugestões construtivas que muito contribuíram para o seu aperfeiçoamento e qualidade.



## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS .....	II
LISTA DE ABREVIATURAS.....	III
LISTA DE UNIDADES DO SISTEMA INTERNACIONAL .....	IV
FÓRMULAS DE CONVERSÃO DE UNIDADES .....	V
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>TESTES SUBMAXIMAIS PARA ESTIMAÇÃO DO VO<sub>2</sub>máx.....</b>	<b>10</b>
<b>PROVA DE STEP DE ASTRAND (1976) .....</b>	<b>13</b>
Objetivo .....	13
Material .....	13
Procedimentos .....	13
<b>TESTE DE ASTRAND NO CICLOERGÓMETRO (1954) .....</b>	<b>16</b>
Objetivo .....	16
Material .....	16
Procedimentos .....	16
<b>TESTE DE ESTÁGIO ÚNICO NA PASSADEIRA (1991) .....</b>	<b>20</b>
Objetivo.....	20
Material.....	20
Procedimentos .....	20
<b>TESTE DE ROSS NA PASSADEIRA (1986).....</b>	<b>23</b>
Objetivo .....	23
Material .....	23
Procedimentos .....	23
<b>TAREFAS PRÁTICAS .....</b>	<b>28</b>
Teste de Step de Astrand .....	28
Teste de Astrand no Cicloergómetro .....	30
Teste de Estágio Único na Passadeira .....	35

Teste de Ross na Passadeira .....	38
Tabela de resumo .....	41
Análise crítica.....	42
<b>TESTES MAXIMAIS PARA DETERMINAÇÃO DO VO<sub>2</sub>máx .....</b>	<b>44</b>
<b>TESTE DE MCARDLE NO CICLOERGÓMETRO (1973) .....</b>	<b>49</b>
Objetivo .....	49
Material .....	49
Procedimentos de avaliação indireta .....	49
Procedimentos de avaliação direta .....	52
<b>TESTE DE BRUCE NA PASSADEIRA (1973) .....</b>	<b>55</b>
Objetivo .....	55
Material .....	55
Procedimentos de avaliação indireta.....	55
Procedimentos de avaliação direta.....	58
<b>TAREFAS PRÁTICAS.....</b>	<b>61</b>
Teste de McArdle no cicloergómetro .....	61
Teste de Bruce na passadeira.....	67
Tabela de resumo .....	72
Análise crítica .....	73
<b>TESTES SUPRAMAXIMAIS PARA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANAERÓBIA .....</b>	<b>76</b>
<b>TESTE DE WINGATE NO CICLOERGÓMETRO (1987).....</b>	<b>79</b>
Objetivo .....	79
Material .....	79
Procedimentos .....	79
<b>TESTE DE CUNNINGHAM E FAULKNER NA PASSADEIRA (1969) .....</b>	<b>84</b>
Objetivo.....	84
Material.....	84

Procedimentos .....	84
<b>TAREFAS PRÁTICAS .....</b>	<b>88</b>
Teste de Wingate .....	88
Teste de Cunningham e Faulkner .....	91
<b>NOTAS FINAIS .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>
Anexo 1 – Nomograma de Astrand-Ryhming modificado.....	96
Anexo 2 – Percentis para o VO <sub>2</sub> máx .....	97
Anexo 3 – Início e calibração do analisador de gases Cosmed® K4b2....	98
Anexo 4 – Formas de locomoção na passadeira e rentabilidade do movimento .....	114
Objetivo.....	114
Material.....	114
Procedimentos .....	115
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>119</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1. Correção do valor do VO <sub>2</sub> máx mediante a idade (Astrand).....	15
Tabela 2 Valores do consumo de oxigénio submaximal (VO <sub>2</sub> ) em cada estágio do teste de Ross a serem utilizados para a determinação do VO <sub>2</sub> máx. ....	27
Tabela 3 Resultados de VO <sub>2</sub> máx estimado em cada teste submaximal e a respetiva classificação.....	41
Tabela 4 Resultados do VO <sub>2</sub> máx determinado em cada teste maximal e a respetiva classificação.....	72
Tabela 5 Percentis para o VO <sub>2</sub> máx (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> ) de acordo com o género e a idade.....	97

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

---

Figura 1 Colocação do smart 1 e marcação da roda usados para a contagem das RPM no teste de Wingate.....	80
Figura 2 Colocação do arnês e corda de segurança recomendados para segurança durante o teste de Cunningham e Faulkner na passadeira. ....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

**Bpm** – batimentos por minuto

**CO<sub>2</sub>** – dióxido de carbono

**FC** – frequência cardíaca

**FC<sub>máx</sub>** – frequência cardíaca máxima

**FC<sub>repouso</sub>** – frequência cardíaca de repouso

**FC<sub>reserva</sub>** – frequência cardíaca de reserva

**FC<sub>ss</sub>** – frequência cardíaca em *steady-state*

**MET** – equivalente metabólico

**N<sub>2</sub>** - nitrogénio

**PA** – pressão arterial

**PAS** – pressão arterial sistólica

**PAD** – pressão arterial diastólica

**O<sub>2</sub>** - oxigénio

**VO<sub>2</sub>** - consumo de oxigénio

**VO<sub>2máx</sub>** - consumo máximo de oxigénio

**RPM** – revoluções por minuto

## LISTA DE UNIDADES DO SISTEMA INTERNACIONAL

<b>Grandeza</b>	<b>Unidade</b>	<b>Símbolo</b>
Comprimento	Metros	m
Comprimento	Centímetros	cm
Comprimento	Milímetros	mm
Força	Newton	N
Tempo	Segundos	s
Tempo	Minutos	min
Tempo	Horas	h
Massa	Quilogramas	kg
Volume	Litros	L
Pressão sanguínea	Milímetros de mercúrio	mmHg
Potência	Watts	W
Energia mecânica	Kilojoules	kJ
Energia mecânica	Joules	J
Trabalho	Kiloponds força metro por minuto	kpm.min <sup>-1</sup>
Trabalho	Quilogramas força metro por minuto	kg-m.min <sup>-1</sup>
Velocidade	Quilómetros por hora	km.h <sup>-1</sup>
Velocidade	Metros por minuto	m.min <sup>-1</sup>

## FÓRMULAS DE CONVERSÃO DE UNIDADES

Unidades	Fórmula de conversão
Quilogramas em pounds	$1 \text{ kg} = 2,2 \text{ lb}$
Joules para kilojoules	$1000 \text{ J} = 1 \text{ kJ}$
Milhas para metros por minuto	$1 \text{ mph} = 26,8 \text{ m.min}^{-1}$
Metros por minuto para quilómetros por hora	$1 \text{ m.min}^{-1} = 0,06 \text{ km.h}^{-1}$
METs para mililitros por quilograma por minuto	$1 \text{ MET} = 3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$
Mililitros por minuto para mililitros por quilograma por minuto	$\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1} = \text{ml.min}^{-1} / \text{peso em kg}$
Kiloponds força metro por minuto para watts	$6,12 \text{ kpm.min}^{-1} = 1 \text{ W}$
Quilogramas força metro para kiloponds metro	$1 \text{ kg-m.min}^{-1} = 1 \text{ kpm.min}^{-1}$
Quilogramas força metro por minuto para watts	$1 \text{ kg-m.min}^{-1} = 0,16344416666667 \text{ W}$
Polegadas para metros	$1 \text{ in} = 0,0254 \text{ m}$
Grau de inclinação da passadeira de percentagem para valor decimal	$1\% / 100 = 0,01$





## INTRODUÇÃO

O consumo máximo de oxigénio ( $\text{VO}_2\text{máx}$ ) é um dos principais indicadores do rendimento físico que depende, por um lado, da capacidade do sistema de transporte de oxigénio e, por outro, da capacidade de absorção e utilização desse oxigénio para a produção de energia por parte das células (1). O  $\text{VO}_2\text{máx}$  é normalmente expresso em relação ao peso corporal, em  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$  (2), permitindo a comparação entre indivíduos com diferentes massas corporais.

A determinação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  pode ser feita a partir de testes graduais de esforço (TGE) submaximais. Este método de avaliação, podendo ser menos preciso, apresenta vantagens, sobretudo nas situações em que o exercício maximal é contraindicado. A predição do  $\text{VO}_2\text{máx}$  a partir de TGE submaximais, surge da medição do consumo de oxigénio ( $\text{VO}_2$ ) ou da frequência cardíaca (FC), no decorrer de uma prova de esforço padronizada submaximal (4). O valor de  $\text{VO}_2\text{máx}$  é estimado, considerando a relação extrapolada entre a FC e o  $\text{VO}_2$ , tendo como base a FC máxima ( $\text{FCmáx}$ ) prevista para a idade do indivíduo (4).

A determinação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  pode ser igualmente feita a partir de TGE maximais, sendo estes considerados testes padrão para avaliar a

capacidade aeróbia máxima (5-7) e servindo como medida “*gold standard*” para comparação com outros métodos de avaliação (8).

Importa referir que, quando na realização de um TGE maximal, os critérios para a obtenção do  $\text{VO}_2\text{máx}$  não são atingidos, o  $\text{VO}_2$  alcançado num período de *plateau* é denominado de “ $\text{VO}_2\text{pico}$ ” ou “ $\text{VO}_2\text{plateau}$ ” (9). Poucos indivíduos atingem o  $\text{VO}_2\text{máx}$  real e os valores de  $\text{VO}_2\text{pico}$  são normalmente reportados de forma incorreta como valores máximos (9).

A taxa de troca respiratória, que é calculada através da divisão do volume de dióxido de carbono produzido pelo  $\text{VO}_2$  consumido, permite determinar o  $\text{VO}_2\text{máx}$ . O  $\text{VO}_2\text{máx}$  será determinado, através da aplicação de um TGE maximal, considerando o momento em que a taxa de troca respiratória ultrapassa os 1.10 (3).

Existem várias limitações na avaliação do desempenho com um TGE maximal, como sejam a sua morosidade, ou o stress induzido no indivíduo, sendo, por isso, úteis e porventura mais práticos para determinadas populações, os testes submaximais (10).

Apesar da pertinência dos TGE, a utilização de testes que equacionam o  $\text{VO}_2$  gera alguma discussão aquando da sua aplicação em atletas especializados em modalidades de potência, envolvendo saltos, sprints ou lançamentos, nos quais são realizados esforços

"supramaximais" de curta duração (11). Pelo que, revela-se igualmente importante a avaliação da capacidade anaeróbia do atleta através dos testes supramaximais.

Seguidamente, ao longo deste livro, serão apresentados protocolos de avaliação da capacidade aeróbia, quer através de [Testes Submaximais para Estimação do Consumo Máximo de Oxigénio](#), quer através de [Testes Maximais para Determinação do Consumo Máximo de Oxigénio](#). Serão igualmente apresentados protocolos de avaliação da capacidade anaeróbia através dos [Testes Supramaximais para Determinação da Capacidade Anaeróbia](#).

Após a descrição dos protocolos, são propostas tarefas práticas que permitem aplicar os conhecimentos teórico-científicos subjacentes aos testes referidos, bem como adquirir competências na avaliação do  $VO_2\text{máx}$  e da aptidão anaeróbia em humanos.



## TESTES SUBMAXIMAIS PARA ESTIMAÇÃO DO $\text{VO}_2\text{máx}$

Os TGE submaximais para determinação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  baseiam-se principalmente na relação linear que existe entre o  $\text{VO}_2$  e a FC em níveis de esforço submaximais, sendo vastamente utilizados para observar a relação dinâmica entre a intensidade do exercício e a capacidade de resposta dos sistemas cardiovascular, pulmonar, músculo-esquelético e neurológico (12).

Na sua maioria, os TGE submaximais consistem na realização de uma prova de exercício em estágios de esforço a uma intensidade submaximal constante e determinada previamente. A FC é medida, sendo considerada a relação entre os valores da FC e a intensidade do esforço requerida pelo teste, que, por extrapolação, permitirá determinar a  $\text{FCmáx}$ . Utilizando os dados da FC recolhidos durante os TGE submaximais e através de fórmulas padronizadas ou com a utilização de diagramas gráficos é possível estimar também o  $\text{VO}_2\text{máx}$  (2, 13). Para uma extrapolação linear correta, é importante que o volume sistólico seja constante e que ocorra a estimulação mínima do metabolismo anaeróbio, sendo normalmente necessário atingir os 40 a 70% da  $\text{FCmáx}$  (2).

Algumas fórmulas usadas para a estimação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  a partir de testes submaximais, recorrem a valores teóricos da  $\text{FCmáx}$  baseados

na idade do indivíduo para estabelecer zonas alvo para a intensidade do esforço (14, 15). A equação mais comum será a de Fox et al. (200 - idade) (14), que foi estabelecida através da criação arbitrária de uma linha de ajustamento com base na observação de 10 estudos (14). Contudo, alguns investigadores (16) salientam alguma falta de sustentação desta descoberta, pelo fato de não terem sido utilizados métodos estatísticos para estabelecer a equação que originou esta fórmula. Após aplicarem a análise de regressão linear a dados similares aos utilizados por Fox et al. (14), outros autores (16) chegaram a uma equação diferente ( $215.4 - 0.9147 \times \text{idade}$ ) com um erro padrão de  $\pm 21$  bpm. Porém, já anteriormente (15) havia sido validada uma equação com base na idade ( $208 - 0,7 \times \text{idade}$ ) com um intervalo de erro menor, ainda que substancial ( $\pm 7 - 11$  bpm), combinando 351 estudos (18.712 indivíduos) e uma investigação laboratorial com 514 indivíduos (18-81 anos).

Atualmente é recomendada a utilização de equações com erro inferior ( $\pm 10$  bpm) como critério secundário de determinação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  (17), pelo que, optaremos neste livro pela utilização da fórmula ( $208 - 0,7 \times \text{idade}$ ).

Vários estudos destacam a importância de resultados precisos e fiáveis dos TGE submaximal para a avaliação clínica do estado de

saúde dos indivíduos (18, 19). Os resultados destes testes são igualmente relevantes, quando utilizados para a prescrição de programas de exercício, ou na interpretação de medições repetidas do  $\text{VO}_2\text{máx}$  para avaliar o efeito destes programas (17).

Existem múltiplos TGE submaximais para estimar o  $\text{VO}_2\text{máx}$ . Neste capítulo são propostos vários protocolos para estimar o  $\text{VO}_2\text{máx}$  com recurso a TGE submaximais, tais como o [Teste de Step de Astrand](#) (1976) (20), o [Teste de Astrand no Cicloergómetro](#) (1954) (13), o [Teste de Estágio Único na Passadeira](#) (Ebbeling et al. 1991) (3) e o [Teste de Ross na Passadeira](#) (1986) (21).



## PROVA DE STEP DE ASTRAND (1976)

O teste de step de Astrand (20) é um teste de um único estágio em esforço submaximal.

### Objetivo

Determinar o  $\text{VO}_2\text{máx}$  do indivíduo após a realização de um exercício a uma intensidade padronizada.

### Material

- Metrónomo
- Step de 40 cm para homens e step de 33 cm para mulheres
- Cardíofrequencímetro
- Cronómetro

### Procedimentos

#### Procedimentos iniciais

- Efetuar um aquecimento ativo com aumento gradual da carga durante 2 min.
- Regular o metrónomo para um ritmo de 90 bpm.

### Procedimentos do protocolo

- Iniciar o teste, subindo e descendo do step à velocidade indicada pelo metrónomo, de forma a realizar 22,5 ciclos por minuto (um ciclo tem 4 tempos = 90 tempos por minuto, cada tempo corresponde a um apoio/passo)
- Manter o ritmo durante 5 minutos.
- No final do 5º minuto medir a FC.
- A determinação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  faz-se com base no nomograma modificado de Astrand-Ryhming (13) ([Anexo 1](#)).
- Seguidamente, faz-se a correção do valor determinado para a idade com base na tabela 1.
  - o  $\text{VO}_2\text{máx corrigido (l.min}^{-1}\text{)} = \text{VO}_2\text{máx nomograma} \times \text{Fator de correção}$

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

Os fatores de correção do  $\text{VO}_2\text{máx}$  estão apresentados na tabela 1.

**Tabela 1.** Correção do valor do  $\text{VO}_2\text{máx}$  mediante a idade (Astrand).

Idade (anos)	Fator de Correção
15	1,00
25	1,00
35	0,87
40	0,83
45	0,78
50	0,75
55	0,71
60	0,68
65	0,65

#### Procedimentos finais

- Efetuar uma recuperação ativa com redução gradual da carga durante 2 min.

## TESTE DE ASTRAND NO CICLOERGÓMETRO (1954)

O teste de Astrand no cicloergómetro (13) é um teste de estágio único em esforço submaximal.

### Objetivo

Determinar o  $\text{VO}_2\text{máx}$  do indivíduo após a realização de um exercício a uma intensidade padronizada.

### Material

- Cicloergómetro ([Monark® Ergomedic 828E](#))
- Cardíofrequencímetro
- Cronómetro
- Metrónomo
- Medidor de tensão arterial

### Procedimentos

#### Procedimentos iniciais

- Registrar a  $\text{FC}_{\text{repouso}}$ , a  $\text{PAS}_{\text{repouso}}$  e a  $\text{PAD}_{\text{repouso}}$  do indivíduo após 10 min em decúbito dorsal com repouso completo.

- Estimar a FC<sub>máx</sub> do indivíduo =  $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$  (15).
- Calcular a FC correspondente a 85% da FC<sub>máx</sub> estimada do indivíduo:
  - o FC alvo de 85% =  $\text{FC}_{\text{máx}} \times 0,85$
- Antes de iniciar o teste, verifique que, nas **tarefas propostas**, é solicitada a avaliação da FC, da PAS e da PAD a cada minuto do teste.
- Efetuar um aquecimento ativo com aumento gradual da carga durante 3 min.

#### Procedimentos do protocolo

- Regular a altura do assento para o indivíduo<sup>1</sup>.
- Regular o metrónomo para 120 bpm, correspondendo às 60 revoluções por minuto (RPM) ou ciclos de rotação, desejáveis para o teste.
- Regular o cicloergómetro para a carga indicada de acordo com o género:

<sup>1</sup> Deve manter um ângulo aproximado de 25° na articulação do joelho com o pedal em baixo e o indivíduo sentado no selim.

- o Mulheres  $\Rightarrow$  100 W (600 kpm.min<sup>-1</sup>)
- o Homens  $\Rightarrow$  150 W (900 kpm.min<sup>-1</sup>)
- Iniciar o teste pedalando sempre na cadência de 60 RPM.
- A FC alvo para este teste situa-se entre os 120 e 170 bpm.
- Caso a FC não atinja os 120 bpm após os 2 minutos de exercício, a carga deve ser aumentada em 25 W.
- O teste deve ser parado caso o indivíduo exceda os 170 bpm ou o correspondente aos 85% da **FC<sub>máx</sub> estimada**.
- O teste termina após concluir o 6<sup>o</sup> min.
- Determinar a FC submaximal:
  - o FC submaximal = Média FC do 5<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> minuto
- A determinação do VO<sub>2</sub>máx é feita com base no nomograma modificado de Astrand-Ryhming (13) (**Anexo 1**).
- Seguidamente, fazer a correção para a idade. Os fatores de correção do VO<sub>2</sub>máx<sup>2</sup> são apresentados na **tabela 1**.

<sup>2</sup> Os fatores de correção para o VO<sub>2</sub>máx deste teste são idênticos aos fatores de correção do teste de Step de Astrand.

- o  $\text{VO}_2\text{máx corrigido (l.min}^{-1}\text{)} = \text{VO}_2\text{máx nomograma} \times \text{Fator de correção}$

### Procedimentos finais

---

- Efetuar uma recuperação ativa com redução gradual da carga durante 3 min.

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

## TESTE DE ESTÁGIO ÚNICO NA PASSADEIRA (1991)

O teste de estágio único na passadeira de Ebbeling (3), é um teste de esforço submaximal. O ritmo de caminhada exigido ao longo do teste torna-o apropriado para participantes que sofrem de problemas, como sejam as dores crónicas no joelho, que limitam a participação nos testes de corrida.

O teste pode ser administrado a participantes com níveis de aptidão baixa a moderada e destina-se a indivíduos com idades entre os 20 e os 59 anos.

### Objetivo

Determinar o  $VO_2$ máx do indivíduo após a realização de um exercício a uma intensidade submaximal.

### Material

- Conómetro
- Passadeira

### Procedimentos

#### Procedimentos iniciais

- Estimar a  $FC_{máx}$  do indivíduo =  $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$  (15).



- Calcular a FC correspondente a 50% e a 70% da FC<sub>máx</sub> estimada do indivíduo:
  - o FC alvo de 50% = FC<sub>máx</sub> x 0,5
  - o FC alvo de 70% = FC<sub>máx</sub> x 0,7
- Efetuar um aquecimento ativo com aumento gradual da carga durante 2 min.

#### Procedimentos do protocolo

- Regular a passadeira para uma inclinação de 0% e uma velocidade diferenciada por géneros:
  - o Mulheres: 70 m.min<sup>-1</sup> (4,2 km.h<sup>-1</sup>)
  - o Homens: 100 m.min<sup>-1</sup> (6,0 km.h<sup>-1</sup>)
- Iniciar o teste a caminhar, mantendo a inclinação de 0% durante 4 min.
- Durante estes 4 min, regular a velocidade de modo a que a FC estabilize entre os 50 e 70% da FC<sub>máx</sub> – garantindo que a velocidade é sempre superior a 54 m.min<sup>-1</sup> (3.2 km.h<sup>-1</sup>) e inferior a 120 m.min<sup>-1</sup> (7.2 km.h<sup>-1</sup>).

- Após o 4º min, continuar a caminhar à velocidade encontrada, aumentando a inclinação para 5%.
- Caminhar durante mais 4 min mantendo a velocidade e a inclinação de 5%.
- Medir a FC nos últimos 30 s do 3º e do 4º min.
- Calcular a FC em *steady-state* (FCss) = média entre a FC do 3º e do 4º min.
- O cálculo do VO<sub>2</sub>máx é determinado a partir da fórmula:
  - o  $VO_2\text{máx (ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}) = 15,1 + 21,8 (\text{velocidade em mph}) - 0,327$   
 $(FCss \text{ em bpm}) - 0,263 (\text{velocidade} \times \text{idade em anos}) + 0,00504$   
 $(FCss \times \text{idade em anos}) + 5,48 (\text{mulheres} = 0, \text{homens} = 1)$

#### Procedimentos finais

- Efetuar uma recuperação ativa com redução gradual da carga durante 2 min.

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

## TESTE DE ROSS NA PASSADEIRA (1986)

O teste de Ross na passadeira (21) consiste numa modificação do protocolo de Balke (5), podendo ser realizado com múltiplos estágios (21). O teste, com um tempo de duração máximo de 15 min, é realizado com velocidade de marcha normal e com um aumento da inclinação a cada 3 min.

### Objetivo

Determinar o  $\text{VO}_2\text{máx}$  após a realização de um esforço a intensidade padronizada.

### Material

- Passadeira
- Cardíofrequencímetro
- Cronómetro

### Procedimentos

#### Procedimentos iniciais

- Registrar a  $\text{FC}_{\text{repouso}}$  do indivíduo.
- Estimar a  $\text{FC}_{\text{máx}}$  do indivíduo =  $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$  (15).

- Calcular a  $FC_{\text{reserva}}$  do indivíduo:
  - o  $FC_{\text{reserva}} = FC_{\text{máx}} - FC_{\text{repouso}}$
- Calcular a FC correspondente a 45% e a 75% da  $FC_{\text{reserva}}$  do indivíduo:
  - o FC alvo de 45% =  $(0,45 \times FC_{\text{reserva}}) + FC_{\text{repouso}}$
  - o FC alvo de 75% =  $(0,75 \times FC_{\text{reserva}}) + FC_{\text{repouso}}$
- Efetuar um aquecimento ativo com aumento gradual da carga durante 3 min.

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

### Procedimentos do protocolo

- Regular a passadeira para uma velocidade 3.4 mph (5.47 km.h<sup>-1</sup>).
- A inclinação aumenta a cada 3 min (estágio): 4% para homens e 3% para mulheres.
- A FC é medida nos últimos 15 s de cada estágio.
- A FC nunca deve exceder os 150 - 155 bpm, devendo manter-se entre os 45% a 75% da FC<sub>reserva</sub>.
- Não passar ao estágio II se a FC exceder os 140 bpm no decorrer do estágio I.
- Os estágios IV e V são exclusivos para indivíduos com menos de 50 anos de idade.
- Terminar o teste no estágio em que a FC ultrapassar os 145 bpm.
- Registrar a FC do final do teste.
- Determinar o VO<sub>2</sub> submaximal em cada estágio<sup>3</sup>, bem como os METs, com base na [tabela 2](#).

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

- O cálculo do  $\text{VO}_2\text{máx}$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) é determinado a partir das fórmulas diferenciadas por género:
  - o Mulheres =  $(\text{VO}_2 \text{ da tabela}) \times (220 - \text{idade} - 73) / (\text{FC} - 73)$
  - o Homens =  $(\text{VO}_2 \text{ da tabela}) \times (220 - \text{idade} - 63) / (\text{FC} - 63)$
- Se for conhecida a  $\text{FCmáx}$  real do indivíduo, esta pode substituir a  $\text{FCmáx}$  estimada pelas fórmulas acima.

Os valores do consumo de oxigénio correspondentes a cada estágio e a serem usados para a determinação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  são apresentados na tabela 2.

**Tabela 2** Valores do consumo de oxigénio submaximal (VO<sub>2</sub>) em cada estágio do teste de Ross a serem utilizados para a determinação do VO<sub>2</sub>máx.

Estágio	Minutos	Velocidade (mph)	Inclinação (%)	VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	MET's
Mulheres					
I	1 - 3	3.4	0	14.9	4.25
II	4 - 6	3.4	3	18.4	5.27
III	7 - 9	3.4	6	22.0	6.29
IV	10 - 12	3.4	9	25.6	7.31
V	13 - 15	3.4	12	29.2	8.33
Homens					
I	1 - 3	3.4	0	14.9	4.25
II	4 - 6	3.4	4	19.6	5.61
III	7 - 9	3.4	8	24.4	6.97
IV	10 - 12	3.4	12	29.2	8.33
V	13 - 15	3.4	16	33.9	9.09

### Procedimentos finais

- Efetuar uma recuperação ativa com redução gradual da carga durante 3 min.

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

## TAREFAS PRÁTICAS

### Teste de Step de Astrand

#### Resultados:

- Indivíduo: \_\_\_\_\_
- Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Peso: \_\_\_\_\_ kg
- Estatura: \_\_\_\_\_ cm
- Hora: \_\_\_\_\_ (hh:mm)
- FC no final do exercício = \_\_\_\_\_ bpm
- $VO_2$ máx = \_\_\_\_\_  $l.min^{-1}$  ([traçar nomograma: anexo 1](#))
- Fator de Correção = \_\_\_\_\_
- $VO_2$ máx corrigido =  $VO_2$ máx nomograma  $\times$  Fator de correção  
  
= \_\_\_\_\_  $\times$  \_\_\_\_\_  
= \_\_\_\_\_  $l.min^{-1}$
- $VO_2$ máx corrigido ( $ml.min^{-1}$ ) = \_\_\_\_\_ ( $l.min^{-1} \times 1000$ )

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas



- $\text{VO}_2\text{máx corrigido (ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}) = \text{_____ (ml.min}^{-1} \text{ / peso)}$
- $\text{VO}_2\text{máx corrigido} = \text{_____ (ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1})$
- Classificação do  $\text{VO}_2\text{máx} = \text{percentil _____ (valores referência no anexo 2)}.$

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

## Teste de Astrand no Cicloergómetro

### Resultados:

- Indivíduo: \_\_\_\_\_
- Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Peso: \_\_\_\_\_ kg
- Estatura: \_\_\_\_\_ cm
- Hora: \_\_\_\_\_ (hh:mm)
- FC<sub>repouso</sub>: \_\_\_\_\_ bpm
- PAS<sub>repouso</sub>: \_\_\_\_\_ mmHg
- PAD<sub>repouso</sub>: \_\_\_\_\_ mmHg
- Registos:

### Aquecimento

- o 1ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
- o 2ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
- o 3ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg

TESTES LABORATORIAIS PARA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ESFORÇO

Teste

- o 1ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
- o 2ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
- o 3ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
- o 4ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
- o 5ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
- o 6ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg

Recuperação

- o 1ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
  - o 2ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
  - o 3ºmin: FC \_\_\_\_\_ bpm; PAS \_\_\_\_\_ mmHg; PAD \_\_\_\_\_ mmHg
- FC submaximal =  $(FC\ 5^{\circ}\ min + FC\ 6^{\circ}\ min)/2$   

$$= ( \quad + \quad ) / 2$$

$$= \quad \text{bpm}$$
  - $VO_2\text{máx} = \quad \text{l.min}^{-1}$  ([traçar nomograma: anexo 1](#))
  - Fator de Correção = \_\_\_\_\_

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

- $VO_{2\text{máx}} \text{ corrigido} = VO_{2\text{máx}} \text{ nomograma} \times \text{Fator de correção}$

$$= \text{_____} \times \text{_____}$$

$$= \text{_____} \text{ l.min}^{-1}$$

- $VO_{2\text{máx}} \text{ corrigido (ml.min}^{-1}) = \text{_____ (l.min}^{-1} \times 1000)$
- $VO_{2\text{máx}} \text{ corrigido (ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1}) = \text{_____ (ml.min}^{-1} / \text{peso)}$
- $VO_{2\text{máx}} \text{ corrigido} = \text{_____ (ml.kg}^{-1}\text{.min}^{-1})$
- Classificação do  $VO_{2\text{máx}}$ : \_\_\_\_\_ percentil ([valores referência no anexo 2](#)).

Astrand (1976)

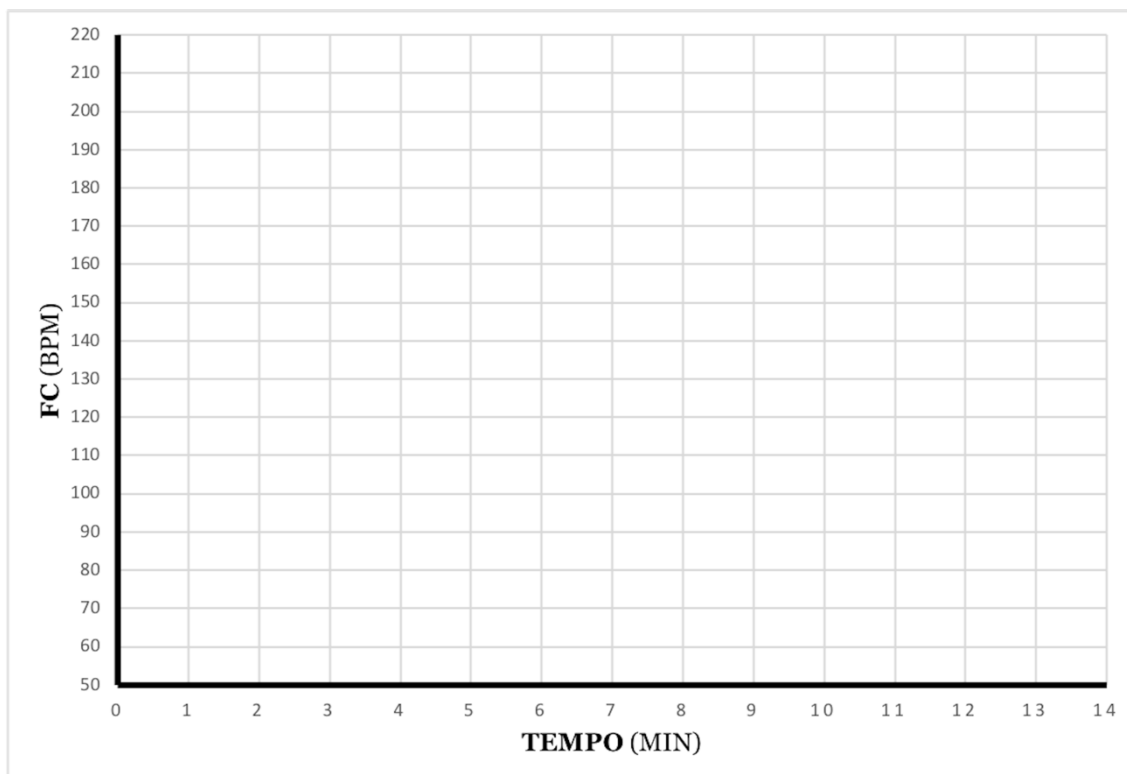
Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

- Tarefas extra protocolo original do teste de Astrand no cicloergómetro:
  - o Registrar no gráfico 1 a variação da FC ao longo do tempo:  
no decurso do aquecimento, do teste e da recuperação:



**Gráfico 1** Variação da FC durante a prova no Cicloergómetro.

Astrand (1976)

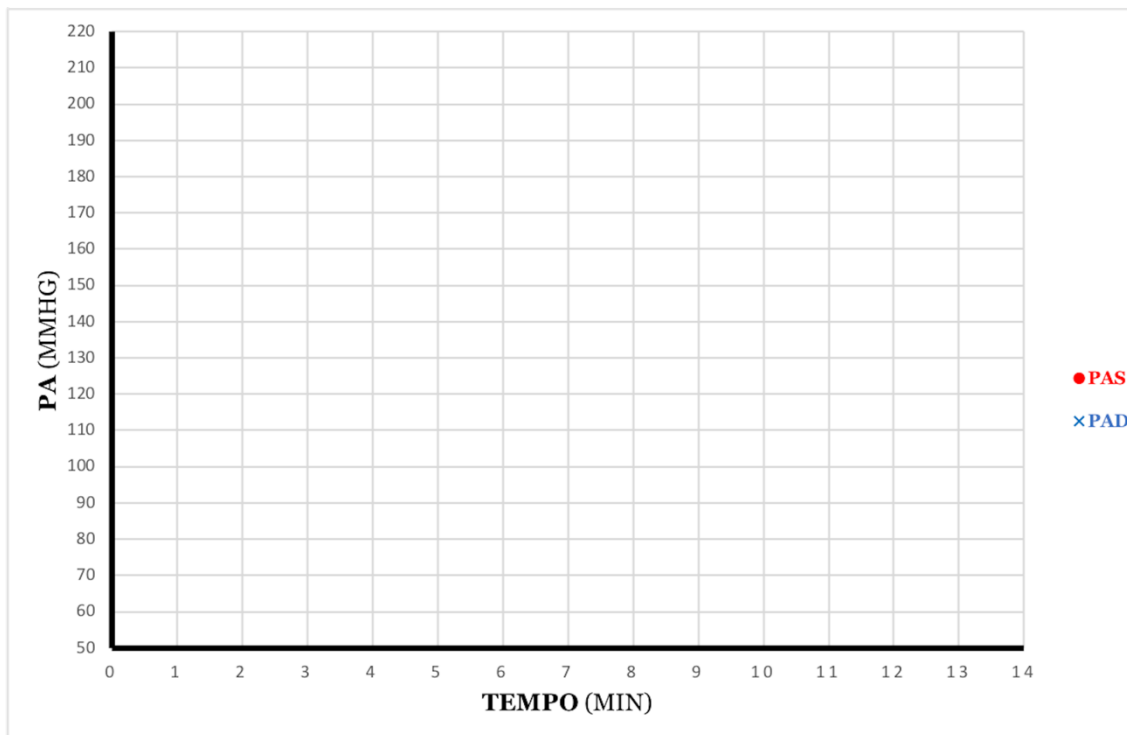
Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

- o Registrar no gráfico 2 a variação da PA ao longo do tempo:  
no decurso do aquecimento, do teste e da recuperação:



**Gráfico 2** Variação da PAS e da PAD durante a prova no Cicloergómetro.

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

## Teste de Estágio Único na Passadeira

### Resultados:

- Indivíduo: \_\_\_\_\_
- Género: \_\_\_\_ (mulher = 0; homem = 1)
- Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Peso: \_\_\_\_\_ kg
- Estatura: \_\_\_\_\_ cm
- Hora: \_\_\_\_\_ (hh:mm)
- FC<sub>repouso</sub>: \_\_\_\_\_ bpm
- FC<sub>máx</sub> estimada =  $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$   
 $= 208 - (0,7 \times \text{_____})$   
 $= \text{_____} \text{ bpm}$
- FC<sub>reserva</sub> = FC<sub>máx</sub> – FC<sub>repouso</sub>  
 $= \text{_____} - \text{_____}$   
 $= \text{_____} \text{ bpm}$

TESTES LABORATORIAIS PARA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ESFORÇO

- $FC_{alvo} = (\% \times FC_{reserva}) + FC_{repouso}$

- o  $FC_{alvo} \text{ de } 45\% = (0,45 \times \underline{\hspace{2cm}}) + \underline{\hspace{2cm}}$   
 $= \underline{\hspace{2cm}} \text{ bpm}$

- o  $FC_{alvo} \text{ de } 75\% = (0,75 \times \underline{\hspace{2cm}}) + \underline{\hspace{2cm}}$   
 $= \underline{\hspace{2cm}} \text{ bpm}$

- $FC_{3^o \text{ min}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ bpm}$

- $FC_{4^o \text{ min}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ bpm}$

- $FC_{ss} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ bpm}$

- $Velocidade = \underline{\hspace{2cm}} \text{ km.h}^{-1} (1\text{km.h}^{-1} = \underline{0.62137111} \text{ mph})$

- $Velocidade = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mph}$

- $VO_{2m\acute{a}x} (\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1})$

$$= 15,1 + 21,8 (\text{velocidade em mph}) - 0,327 (FC_{ss} \text{ em bpm}) - 0,263$$

$$(\text{velocidade em mph} \times \text{idade em anos}) + 0,00504 (FC_{ss} \times \text{idade}$$

$$\text{em anos}) + 5,48 (\text{mulheres} = 0, \text{homens} = 1)$$

$$= 15,1 + 21,8 (\underline{\hspace{2cm}}) - 0,327 (\underline{\hspace{2cm}}) - 0,263 (\underline{\hspace{2cm}} \times$$

$$\underline{\hspace{2cm}}) + 0,00504 (\underline{\hspace{2cm}} \times \underline{\hspace{2cm}}) + 5,48 \times \underline{\hspace{2cm}}$$

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$



- Classificação do  $\text{VO}_2\text{máx}$ : \_\_\_\_\_ percentil (valores referência no anexo 2)

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

## Teste de Ross na Passadeira

### Resultados:

- Indivíduo: \_\_\_\_\_
- Género: \_\_\_\_ (mulher = 0; homem = 1)
- Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Peso: \_\_\_\_\_ kg
- Estatura: \_\_\_\_\_ cm
- Hora: \_\_\_\_\_ (hh:mm)
- FC<sub>repouso</sub>: \_\_\_\_\_ bpm
- FC<sub>máx</sub> estimada =  $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$   
 $= 208 - (0,7 \times \text{_____})$   
 $= \text{_____ bpm}$
- FC<sub>máx</sub> real (se conhecida) = \_\_\_\_\_ bpm
- FC<sub>reserva</sub> = FC<sub>máx</sub> – FC<sub>repouso</sub>  
 $= \text{_____} - \text{_____}$

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

= \_\_\_\_\_ bpm

- FC alvo = (% x FC<sub>reserva</sub>) + FC<sub>repouso</sub>

o FC alvo de 45% = (0,45 x \_\_\_\_\_) + \_\_\_\_\_

= \_\_\_\_\_ bpm

o FC alvo de 75% = (0,75 x \_\_\_\_\_) + \_\_\_\_\_

= \_\_\_\_\_ bpm

- Registos do teste:

o Estágio I: FC \_\_\_\_\_ bpm; VO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>; MET \_\_\_\_\_

o Estágio II: FC \_\_\_\_\_ bpm; VO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>; MET \_\_\_\_\_

o Estágio III: FC \_\_\_\_\_ bpm; VO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>; MET \_\_\_\_\_

o Estágio IV: FC \_\_\_\_\_ bpm; VO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>; MET \_\_\_\_\_

o Estágio V: FC \_\_\_\_\_ bpm; VO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_ ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>; MET \_\_\_\_\_

- FC final = \_\_\_\_\_ bpm

- VO<sub>2</sub> final da tabela = \_\_\_\_\_ ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> ([Tabela 2](#))

- VO<sub>2</sub>máx para Mulheres (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>)

= (VO<sub>2</sub> da tabela) x (FC máx - 73) / (FC final - 73)

$$= ( \quad ) \times ( \quad - 73 ) / ( \quad - 73 )$$

$$= \quad \text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

- $\text{VO}_2\text{máx}$  para Homens ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )

$$= (\text{VO}_2 \text{ da tabela}) \times (\text{FC máx} - 63) / (\text{FC final} - 63)$$

$$= ( \quad ) \times ( \quad - 63 ) / ( \quad - 63 )$$

$$= \quad \text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

Observação: nas fórmulas acima pode ser usada a  $\text{FCmáx}$  estimada para o indivíduo ou, caso esta seja conhecida, a sua  $\text{FCmáx}$  real.

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

## Tabela de resumo

**Tabela 3** Resultados de  $\text{VO}_2\text{máx}$  estimado em cada teste submaximal e a respetiva classificação.

Prova	$\text{VO}_2\text{máx}$ estimado	Percentil $\text{VO}_2\text{máx}$ ( <a href="#">Anexo 2</a> )
Astrand Step		
Astrand Cicloergómetro		
Ebbeling Passadeira		
Ross Passadeira		

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

Tarefas Práticas

## Análise crítica

- Analisar o  $\text{VO}_2\text{máx}$  encontrado nos diversos TGE submaximais para o mesmo indivíduo, procurando suportar a argumentação na literatura.

[illegible]

Astrand (1976)

Astrand (1954)

Ebbeling (1991)

Ross (1986)

# Tarefas Práticas



## TESTES MAXIMAIS PARA DETERMINAÇÃO DO $\text{VO}_2\text{máx}$

A determinação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  por recurso a testes máximos, tal como o nome o indica, ocorre mediante a resposta do indivíduo a uma prova de exercício em que é realizado um esforço que atinge a intensidade máxima (12).

O  $\text{VO}_2\text{máx}$  pode ser estimado de forma indireta ou mensurado de forma direta. A estimação do  $\text{VO}_2\text{máx}$  recorre a métodos que têm por base a relação direta entre a intensidade do esforço e a resposta dos parâmetros fisiológicos, e utiliza, geralmente, fórmulas criadas por análise estatística em estudos de referência. Importa referir que a FC é o parâmetro fisiológico comumente utilizado para estimar o  $\text{VO}_2\text{máx}$ , pela sua natureza não invasiva, simplicidade de medição e resposta bastante previsível ao aumento gradual da intensidade do esforço (17).

Por outro lado, a mensuração direta do  $\text{VO}_2\text{máx}$  implica a utilização de instrumentos de análise de gases e considera a relação direta e proporcional que existe entre a intensidade do esforço e o  $\text{VO}_2$  (12).

Até à década de 70 do século XX, as medições do consumo pulmonar de  $\text{O}_2$  eram feitas principalmente através do método do saco de



Douglas<sup>4</sup> (22). Atualmente existem sistemas computadorizados que recolhem e analisam amostras de gases, e que determinam continuamente o volume ventilatório e as concentrações de gases expirados, permitindo, também, o cálculo de quocientes respiratórios e metabólicos (12). Estes métodos atuais permitem o estudo de alterações rápidas no consumo de O<sub>2</sub> e economizam tempo em comparação com o método do saco de Douglas.

As duas modalidades de exercício comumente usadas para a determinação do VO<sub>2</sub>máx são a caminhada/corrida na passadeira e a pedalada contínua no cicloergómetro. A passadeira parece ser a modalidade mais utilizada devido à familiaridade dos avaliados com a locomoção vertical e à maior quantidade de massa muscular recrutada. Por seu lado, os protocolos no cicloergómetro apresentam a vantagem de permitirem testar indivíduos com limitações coordenativas ou de locomoção (17).

Alguns estudos indicam que o VO<sub>2</sub>máx alcançado através de protocolos na passadeira tende a ser 20% mais elevado, quando comparado com protocolos no cicloergómetro (23). Esta diferença é atribuída a um maior recrutamento de massa muscular esquelética, a um maior débito cardíaco, à maior diferença de O<sub>2</sub> arterial e venoso

---

<sup>4</sup> Método que consiste na coleta dos gases respiratórios expirados numa bolsa hermética insuflável. Após o término do teste, são analisados o volume e a composição dos gases acumulados no saco.

ao nível capilar, e a uma menor taxa de oxidação de hidratos de carbono – o que promoverá a indução da acidose metabólica em intensidades moderadas ou submaximais (24-26).

Apesar da pertinência e utilização corrente de protocolos de TGE maximais validados e bem parametrizados, é importante ter em consideração na aplicação destes testes, que existem fatores, como sejam os métodos de processamento de dados metabólicos, a própria aplicação do teste e o estado volitivo do participante, que podem dificultar a comparação dos resultados, quer para fins clínicos, quer para prescrição de exercício ou, inclusivamente, para fins de pesquisa científica (27).

Porque os TGE maximais exploram os limites fisiológicos do indivíduo, existe um risco inerente à sua realização. De acordo com as recomendações do *American College of Sports Medicine*, a sua realização sem supervisão médica apenas deve ser realizada em indivíduos classificados como sendo de baixo risco para doenças cardiovasculares (2).

Durante a realização de um TGE maximal, sempre que seja detetada qualquer condição que possa colocar em risco a saúde do indivíduo, a prova deve ser interrompida (2). Particularmente, chama-se a atenção para as seguintes condições:

- É alcançada a FC<sub>máx</sub> previsível.
- Presença de sintomas de angina.
- Queda significativa (20 mmHg) da PAS ou falha na elevação da PAS com o aumento da intensidade do exercício.
- Aumento excessivo da PAD (> 115 mmHg) e da PAS (> 260 mmHg).
- Sinais de má perfusão: tonturas, confusão, ataxia, palidez, cianose, náuseas ou pele fria e húmida.
- O quociente respiratório é superior a 1.15.
- Ocorrência de um aumento da intensidade de esforço sem um aumento do VO<sub>2</sub>.
- Estagnação ou falha na elevação da FC com o aumento da intensidade do exercício.
- Solicitação da interrupção do teste pelo indivíduo.
- Manifestações físicas ou verbais de fadiga severa.
- Falha do equipamento, ou situações do envolvimento que ofereçam risco.

Neste capítulo são propostos dois TGE maximais para determinação indireta<sup>5</sup> e direta<sup>6</sup> do  $\text{VO}_2\text{máx}$ , o [Teste de McArdle no Cicloergómetro](#) (1973) (28) e o [Teste de Bruce na Passadeira](#) (1973) (6). Sugerimos, previamente à utilização do analisador de gases nos TGE maximais, a consulta dos procedimentos de [início e calibração](#) ([anexo 3](#)) e a realização de uma tarefa de [introdução ao analisador de gases](#) ([anexo 4](#)).

---

<sup>5</sup> Com recurso a fórmulas previamente testadas e validadas

<sup>6</sup> Com recurso a analisador de gases.

## TESTE DE MCARDLE NO CICLOERGÓMETRO (1973)

O teste de McArdle (28) concretiza-se através da realização de uma prova contínua e de intensidade progressiva que é efetuada no cicloergómetro.

### Objetivo

Determinação do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  do indivíduo, indiretamente através de fórmulas, ou diretamente através do analisador de gases.

### Material

- Cicloergómetro ([Monark® Ergomedic 828E](#))
- Cronómetro
- Cardíofrequencímetro

Analisador de gases ([COSMED® K4 b2 portátil](#))

### Procedimentos de avaliação indireta

#### Procedimentos iniciais

- Equipar o indivíduo com o cardíofrequencímetro.
- Estimar a  $\text{FC}_{\text{máx}}$  do indivíduo =  $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$  (15).

- Registrar a  $FC_{\text{repouso}}$  do indivíduo.
- Nesta prova, o aquecimento está integrado na descrição do protocolo do teste.
- Antes de iniciar o teste, verifique que, nas **tarefas propostas**, é solicitada a avaliação da FC a cada minuto da prova (nos últimos 15 s), nomeadamente, no aquecimento, no teste e na recuperação.

#### Procedimentos do protocolo

- Regulação da altura do assento para o indivíduo<sup>7</sup>.
- Iniciar com um período de ativação de 3 min no cicloergómetro a 50 RPM, com uma carga de 50 W ( $\approx 300 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1}$ ).
- Antes de iniciar o teste, aumentar o ritmo para 60 RPM.
- Iniciar o primeiro estágio do teste de 2 min, com uma carga de 150 W ( $\approx 900 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1}$ ).
- Aumentar 30 W ( $\approx 180 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) a cada novo estágio de 2 minutos, mantendo sempre o ritmo de 60 RPM.

<sup>7</sup> Deve manter um ângulo aproximado de  $25^\circ$  na articulação do joelho com o pedal em baixo e o indivíduo sentado no selim.

- O teste termina com a exaustão do indivíduo, ou quando este não consegue manter o ritmo determinado de 60 RPM, baixando para as 47 a 50 RPM.
- Registrar a FC atingida imediatamente após a interrupção do teste (máximo 15 s).
- Registrar a carga do estágio do teste, em watts, aquando da interrupção.
- Calcular o  $\text{VO}_2\text{máx}$  estimado com base nas fórmulas (29):

o Para homens:

$$\text{VO}_2\text{máx (ml.min}^{-1}\text{)} = (10.51 \times \text{carga em watts do último estágio}) + (6.35 \times \text{peso em kg}) - (10.49 \times \text{idade em anos}) + 519.3$$

o Para mulheres:

$$\text{VO}_2\text{máx (ml.min}^{-1}\text{)} = (9.39 \times \text{carga em watts do último estágio}) + (7.7 \times \text{peso em kg}) - (5.88 \times \text{idade em anos}) + 136.0$$

### Procedimentos finais

- Terminado o teste, realizar um período de recuperação ativa de pelo menos 3 min, acompanhando o gradual retorno aos valores basais da FC.

## Procedimentos de avaliação direta

---

### Procedimentos do protocolo

---

- Proceder à calibração do analisador de gases ([Anexo 3 - calibração](#)).
- Equipar o indivíduo com o analisador de gases ([Anexo 3 - recolhas](#)) e verificar o cardiófrequencímetro.
- Criar o perfil do indivíduo no software do analisador de gases.
- Regulação da altura do assento para o indivíduo<sup>8</sup>.
- Dar início à recolha com o analisador de gases, clicando no comando “Start” no software.
  - o Ainda em repouso, no diretório “Load”, clicar no marcador “Rest” do software.
- Confirmar que o software está a registar corretamente todos os parâmetros.

---

<sup>8</sup> Deve manter um ângulo aproximado de 25° na articulação do joelho com o pedal em baixo e o indivíduo sentado no selim.



- Iniciar a prova com um período de ativação de 3 min no cicloergómetro a 50 RPM, com uma carga de 50 W ( $\approx 300 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1}$ )<sup>9</sup>.
  - o Clicar no marcador “Warm-up” do software.
- Antes de iniciar o teste, aumentar o ritmo para 60 RPM.
- Iniciar o primeiro estágio do teste de 2 min, com uma carga de 150 W ( $\approx 900 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1}$ ).
  - o Clicar no marcador “Exercise” do software.
- Aumentar 30 W ( $\approx 180 \text{ kpm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) a cada novo estágio de 2 minutos, mantendo o ritmo de 60 RPM.
  - o Adicionar um marcador no software, sempre que iniciar um novo estágio.
- O teste termina com a exaustão do indivíduo, ou quando este não consegue manter o ritmo determinado de 60 RPM, baixando para as 47 a 50 RPM.
  - o Adicionar o marcador “Cool-down” no software assim que é interrompido o teste.

<sup>9</sup> O teste de Mcardle no cicloergómetro tem início com uma carga baixa, podendo por isso, em alguns casos, dispensar o período de aquecimento.

- o Carregar no comando de “Stop” do software, só após a recuperação.

#### Procedimentos finais

- Terminado o teste, realizar um período de recuperação ativa de pelo menos 3 min, acompanhando o gradual retorno aos valores basais da FC.
- Apontar o valor mais alto de  $\text{VO}_2$  registado pelo software do analisador de gases.
- Registrar o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  determinado pelo software do analisador de gases.

## TESTE DE BRUCE NA PASSADEIRA (1973)

O teste de Bruce (6) concretiza-se através da realização de uma prova contínua e de intensidade progressiva que é efetuada na passadeira.

### Objetivo

Determinação do  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  do indivíduo, indiretamente através de fórmulas, ou diretamente através do analisador de gases.

### Material

- Passadeira ([Technogym® Run Race™](#))
- Cronómetro
- Cardíofrequencímetro
- Analisador de gases ([COSMED® K4 b2 portátil](#))

### Procedimentos de avaliação indireta

#### Procedimentos iniciais

- Equipar o indivíduo com o cardíofrequencímetro.
- Estimar a  $\text{FC}_{\text{máx}}$  do indivíduo =  $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$  (15).
- Registrar a  $\text{FC}_{\text{repouso}}$  do indivíduo.

- Efetuar um aquecimento ativo com aumento gradual da carga durante 3 min<sup>10</sup>.
- Antes de iniciar o teste, verifique que, nas **tarefas propostas**, é solicitada a avaliação da FC a cada minuto do teste e da recuperação (nos últimos 15 s).

#### Procedimentos do protocolo

- Iniciar o teste em marcha na passadeira.
- Para o primeiro estágio, entre o 1º e o 3º min, estabelecer a velocidade de 3 km.h<sup>-1</sup> ( $\approx$  1.7 mph) e a inclinação de 10%.
- No início do 4º min aumentar a velocidade para 4 km.h<sup>-1</sup> ( $\approx$  2.5 mph) e a inclinação para 12%, até ao final do 6º min.
- Nos estágios seguintes, cada um também de 3 minutos, a velocidade aumenta 1.5 km.h<sup>-1</sup> ( $\approx$  0.9 mph) e a inclinação aumenta 2% a cada estágio.
- O teste termina com a exaustão do indivíduo, não conseguindo este manter o ritmo determinado pela prova.
- Registrar o tempo total do teste.

<sup>10</sup> O teste de Bruce na passadeira tem início com uma carga baixa e, por isso, pode ser dispensado o período de aquecimento.

- Calcular o  $\text{VO}_2\text{máx}$  estimado com base nas seguintes fórmulas:

- o Para homens (30):

$$\text{VO}_2\text{máx} = 14.76 - (1.379 \times T) + (0.451 \times T^2) - (0.012 \times T^3)$$

- o Para mulheres (31):

$$\text{VO}_2\text{máx} = (4.38 \times T) - 3.9$$

T = Tempo total na passadeira medido à fração do minuto (ex.: um tempo de 9 minutos e 30 segundos será T = 9.5 min).

#### Procedimentos finais

- Terminado o teste realizar um período de recuperação ativa de pelo menos 3 min, acompanhando o gradual retorno aos valores basais da FC.

## Procedimentos de avaliação direta

---

### Procedimentos do protocolo

---

- Proceder à calibração do analisador de gases ([Anexo 3](#) - calibração).
- Equipar o indivíduo com o analisador de gases ([Anexo 3](#) - calibração) e verificar o cardiófrequencímetro.
- Criar o perfil do indivíduo no software do analisador de gases.
- Dar início à recolha com o analisador de gases, clicando no comando “Start” no software.

o Ainda em repouso, no diretório “Load”, clicar no marcador “Rest” do software.

- Confirmar que o software está a registar corretamente todos os parâmetros.
- Iniciar a prova com um período de ativação em marcha na passadeira com aumento gradual da carga durante 3 min<sup>11</sup>.

o Clicar no marcador “Warm-up” do software.

- Para o primeiro estágio, entre o 1º e o 3º min, estabelecer a velocidade de 3 km.h<sup>-1</sup> ( $\approx$  1.7 mph) e a inclinação de 10%.

---

<sup>11</sup> O teste de Bruce na passadeira tem início com uma carga baixa e, por isso, pode ser dispensado o período de aquecimento.

- o Clicar no marcador “Exercise” do software.
- No início do 4<sup>o</sup> min aumentar a velocidade para 4 km.h<sup>-1</sup> ( $\approx$  2.5 mph) e a inclinação para 12%, até ao final do 6<sup>o</sup> min.
  - o Adicionar um marcador no software após ajustar a passadeira.
- Nos estágios seguintes, sempre com a duração de 3 minutos, a velocidade aumenta 1.5 km.h<sup>-1</sup> ( $\approx$  0.9 mph) e a inclinação aumenta 2% a cada estágio.
  - o Adicionar um marcador no software no início de cada estágio.
- O teste termina com a exaustão do indivíduo, não conseguindo este manter o ritmo determinado pela prova.
  - o Adicionar o marcador “Cool-down” no software assim que é interrompido o teste.
  - o Carregar no comando de “Stop” no software só após a recuperação.

### Procedimentos finais

---

- Terminado o teste, realizar um período de recuperação ativa de pelo menos 3 min, acompanhando o gradual retorno aos valores basais da FC.
- Apontar o valor mais alto de  $\text{VO}_2$  registado pelo software do analisador de gases.
- Registar o  $\text{VO}_{2\text{máx}}$  determinado pelo software do analisador de gases.



## TAREFAS PRÁTICAS

### Teste de McArdle no cicloergómetro

- Indivíduo: \_\_\_\_\_
- Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Peso: \_\_\_\_\_ kg
- Estatura: \_\_\_\_\_ cm
- Hora: \_\_\_\_\_ (hh:mm)
- Aplicar a prova e analisar os resultados:

#### Resultados:

Analisar a resposta da FC:

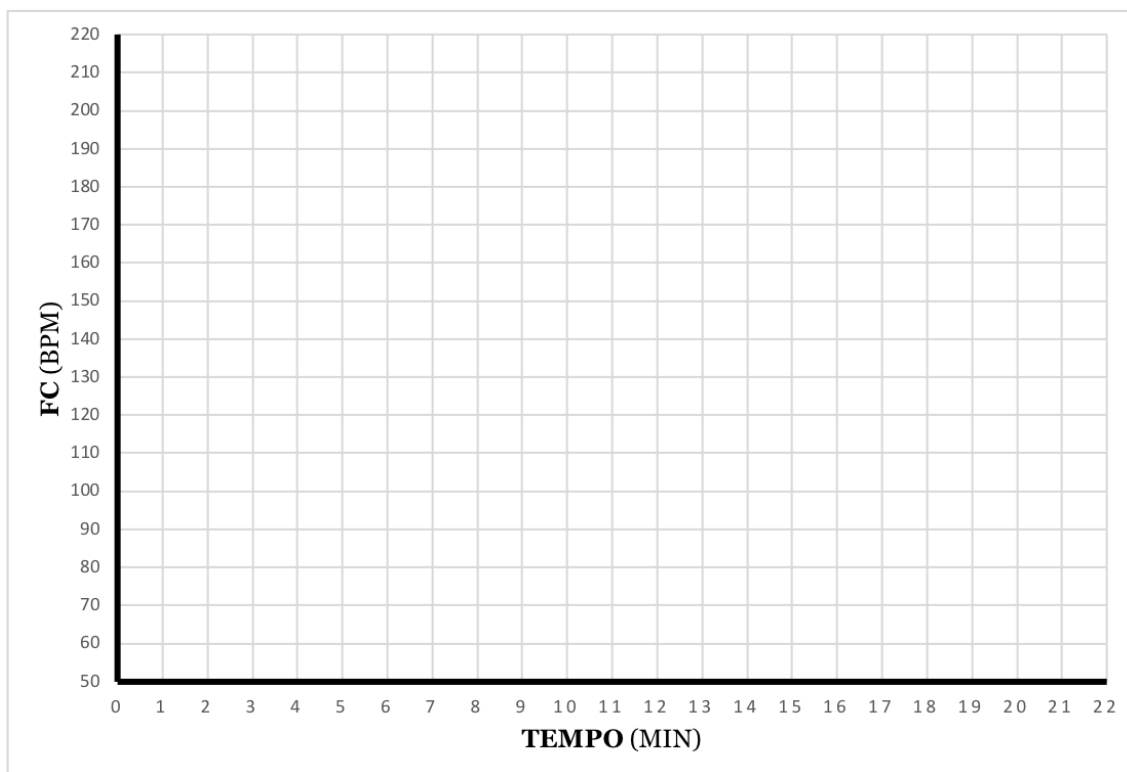
- Os registos da FC ao longo da prova são feitos nos últimos 15 s de cada minuto.
- FC<sub>repouso</sub>: \_\_\_\_\_ bpm
- 1º minuto aquecimento FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 2º minuto aquecimento FC: \_\_\_\_\_ bpm

- 3º minuto aquecimento FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 1º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 1º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 2º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 2º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 3º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 3º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 4º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 4º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 5º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 5º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 6º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 6º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 7º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 7º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm

- 8º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 8º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- FC final: \_\_\_\_\_ bpm
- FCmáx teórica: \_\_\_\_\_ bpm ( $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$ )
- Carga final: \_\_\_\_\_ W
- Recuperação minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- Recuperação minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- Recuperação minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm

Fazer o registo das FC no gráfico a cada minuto do aquecimento, da prova e da recuperação. Assinalar também, a tracejado, os pontos de aumento da carga.

TESTES LABORATORIAIS PARA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ESFORÇO



**Gráfico 3** Variação da FC durante o teste de McArdle no Cicloergómetro.

- Analisar a resposta da FC ao longo do teste, comparando, igualmente, o valor máximo de FC registado com o valor teórico calculado ( $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$ ):

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Determinar o $\text{VO}_2\text{máx}$

- $\text{VO}_2\text{máx}$  estimado para Homens ( $\text{ml}.\text{min}^{-1}$ )

$$= (10.51 \times \text{carga em watts do último estágio}) + (6.35 \times \text{peso em kg}) - (10.49 \times \text{idade em anos}) + 519.3$$

$$= (10.51 \times \text{_____ W}) + (6.35 \times \text{_____ kg}) - (10.49 \times \text{_____ anos}) + 519.3$$

$$= \text{_____ ml}.\text{min}^{-1}$$

$$= \text{_____ ml}.\text{min}^{-1} / \text{_____ kg}$$

$$= \text{_____ ml}.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

- $\text{VO}_2\text{máx}$  estimado para Mulheres ( $\text{ml}.\text{min}^{-1}$ )

$$= (9.39 \times \text{carga em watts do último estágio}) + (7.7 \times \text{peso em kg}) - (5.88 \times \text{idade em anos}) + 136.0$$

$$= (9.39 \times \text{_____ W}) + (7.7 \times \text{_____ kg}) - (5.88 \times \text{_____ anos}) + 136.0$$

$$= \text{_____ ml}.\text{min}^{-1}$$

$$= \text{_____ ml}.\text{min}^{-1} / \text{_____ kg}$$

$$= \text{_____ ml}.\text{kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

- Pico de  $\text{VO}_2$  acedido por avaliação direta:

= \_\_\_\_\_  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$

- $\text{VO}_2$  máx determinado pelo software do analisador de gases:

= \_\_\_\_\_  $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$

McCardle (1973)

Bruce (1973)

Tarefas Práticas

## Teste de Bruce na passadeira

---

- Indivíduo: \_\_\_\_\_
- Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Peso: \_\_\_\_\_ kg
- Estatura: \_\_\_\_\_ cm
- Hora: \_\_\_\_\_ (hh:mm)
- Aplicar a prova e analisar os resultados:

### Resultados:

Analisar a resposta da FC:

- Os registos da FC ao longo da prova são feitos nos últimos 15 s de cada minuto.
- FC<sub>repouso</sub>: \_\_\_\_\_ bpm
- 1º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 1º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 1º estágio minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm

TESTES LABORATORIAIS PARA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ESFORÇO

- 2º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 2º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 2º estágio minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 3º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 3º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 3º estágio minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 4º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 4º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 4º estágio minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 5º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 5º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 5º estágio minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 6º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 6º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 6º estágio minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm

Mcardle (1973)

Bruce (1973)

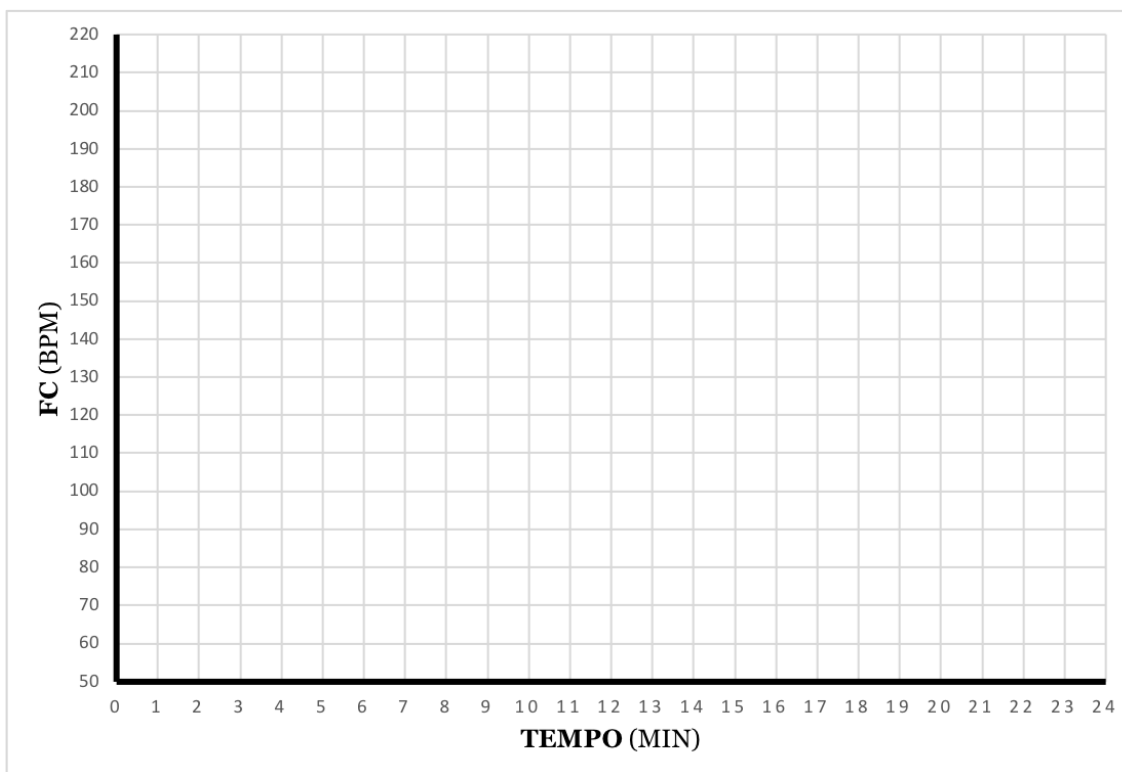
Tarefas Práticas



- 7º estágio minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 7º estágio minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- 7º estágio minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- FC final: \_\_\_\_\_ bpm
- FCmáx teórica: \_\_\_\_\_ bpm ( $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$ )
- Tempo final: \_\_\_\_\_ min
- Recuperação minuto 1 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- Recuperação minuto 2 FC: \_\_\_\_\_ bpm
- Recuperação minuto 3 FC: \_\_\_\_\_ bpm

Fazer o registo das FC no gráfico a cada minuto da prova e da recuperação. Assinalar também, a tracejado, os pontos de aumento da carga.

TESTES LABORATORIAIS PARA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ESFORÇO



**Gráfico 4** Variação da FC durante o teste de Bruce na Passadeira.

- Analisar a resposta da FC ao longo do teste, comparando, igualmente, o valor máximo de FC registado com o valor teórico calculado ( $208 - (0,7 \times \text{idade em anos})$ ):

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Determinar o $\text{VO}_2\text{máx}$

- $\text{VO}_2\text{máx}$  estimado para Homens ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )

$$= 14.76 - (1.379 \times T) + (0.451 \times T^2) - (0.012 \times T^3)$$

$$= 14.76 - (1.379 \times \underline{\hspace{2cm}}) + (0.451 \times \underline{\hspace{2cm}}^2) - (0.012 \times \underline{\hspace{2cm}}^3)$$

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

- $\text{VO}_2\text{máx}$  estimado para Mulheres ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ )

$$= (4.38 \times T) - 3.9$$

$$= (4.38 \times \underline{\hspace{2cm}}) - 3.9$$

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

T = Tempo total na passadeira medido à fração do minuto (ex.: um tempo de 9 minutos e 30 segundos será T = 9.5 min).

- Pico de  $\text{VO}_2$  acedido por avaliação direta:

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

- $\text{VO}_2\text{máx}$  determinado pelo software do analisador de gases:

$$= \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

## Tabela de resumo

**Tabela 4** Resultados do  $\text{VO}_2\text{máx}$  determinado em cada teste maximal e a respetiva classificação.

<b>Prova</b>	<b><math>\text{VO}_2\text{máx}</math> - avaliação indireta</b>	<b><math>\text{VO}_2\text{máx}</math> - avaliação direta</b>	<b>Percentil <math>\text{VO}_2\text{máx}</math> - avaliação indireta (Anexo 2)</b>	<b>Percentil <math>\text{VO}_2\text{máx}</math> - avaliação direta (Anexo 2)</b>
McArdle				
Cicloergómetro				
Bruce				
Passadeira				

McArdle (1973)

Bruce (1973)

Tarefas Práticas

### Análise crítica

- Comparar o  $\text{VO}_2\text{máx}$  mensurado por avaliação direta em ambos os testes maximais para o mesmo indivíduo, procurando suportar a argumentação na literatura.

Mcardle (1973)

Bruce (1973)

Tarefas Práticas

- Comparar, em cada um dos testes maximais e para o mesmo indivíduo, o  $\text{VO}_2\text{máx}$  estimado por avaliação indireta com o  $\text{VO}_2\text{máx}$  mensurado por avaliação direta. A argumentação deve ser suportada em evidências literárias.

[illegible]



## TESTES SUPRAMAXIMAIS PARA DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANAERÓBIA

A capacidade anaeróbia é definida como a quantidade máxima de adenosina trifosfato (ATP) que pode ser ressintetizada pelo metabolismo anaeróbio, particularmente pela hidrólise da creatina fosfato (CP) e da glicólise (32). Em acordo, a capacidade anaeróbia pode ser concebida como a quantidade total de energia disponível no sistema ATP-CP e no sistema glicolítico. Por seu lado, a potência anaeróbia pode ser concebida como o máximo de energia liberada por unidade de tempo pelo sistema ATP-CP (32).

A avaliação da capacidade anaeróbia é complexa devido à inexistência de um método universalmente aceite como *gold-standard*, no entanto, o protocolo de défice máximo acumulado de oxigénio (*maximal accumulated oxygen deficit* - MAOD) tem sido comumente utilizado em investigação (32, 33). Apesar da aceitação científica do protocolo MAOD para estimar a capacidade anaeróbia, a sua aplicação prática é difícil devido ao tempo necessário para a sua determinação (34). De facto, o protocolo deve ter uma duração mínima de 2 a 3 min, contudo o indivíduo pode não atingir a capacidade máxima do sistema energético anaeróbio, o que obriga ao prolongamento do teste por vários minutos (35).



A produção de trabalho mecânico que depende principalmente da capacidade anaeróbia pode ser denominada de capacidade de trabalho anaeróbio. A capacidade de trabalho anaeróbio, por sua vez, pode ser definida como a quantidade total de trabalho realizado durante um esforço extenuante ou de intensidade supramaximal. Nomeadamente, um esforço com duração suficiente para maximizar a utilização de ATP anaeróbio e excedendo o ATP disponível a partir do metabolismo oxidativo (36).

O teste anaeróbio de Wingate foi desenvolvido durante a década de 70 do século XX no instituto Wingate em Israel, com o intuito de avaliar a capacidade de trabalho anaeróbio, tendo sido posteriormente validado (37, 38). Este teste tem revelado enorme popularidade entre os testes anaeróbios, contudo, sendo um teste realizado no cicloergómetro, apresenta a limitação de ser mais específico para modalidades cíclicas. Quando comparado com o protocolo MAOD, o teste de Wingate apresenta como vantagem ser de curta duração. A duração mais utilizada do teste de Wingate é de 30 s, sendo este o período de tempo de referência para esforços supramaxiais, nos quais a principal fonte energética é anaeróbia (35).

Embora os testes anaeróbios supramaxiais efetuados no cicloergómetro sejam mais usuais, existem protocolos adaptados para

a passadeira, como o protocolo de Cunningham e Faulkner (39). Este teste consiste na realização de corrida na passadeira, à intensidade máxima, mantendo uma inclinação de 20%, e até ao limite suportado pelo indivíduo.

Neste capítulo encontram-se descritos os procedimentos do [Teste de Wingate no cicloergómetro](#) e do [Teste de Cunningham e Faulkner na passadeira](#), bem como a posterior análise da sua aplicação nas [tarefas práticas](#).

## TESTE DE WINGATE NO CICLOERGÓMETRO (1987)

O teste de Wingate (37, 38) concretiza-se através da realização de uma curta prova contínua e de intensidade supramaximal, que é efetuada no cicloergómetro.

### Objetivo

Determinar a potência anaeróbia<sup>12</sup> e a capacidade anaeróbia<sup>13</sup> do indivíduo.

### Material

- Cicloergómetro ([Monark® Ergomedic 828E](#))
- Cronómetro
- Cardíofrequencímetro
- Smartphone função cronómetro visível (smart 1) e smartphone função filmagem (smart 2)

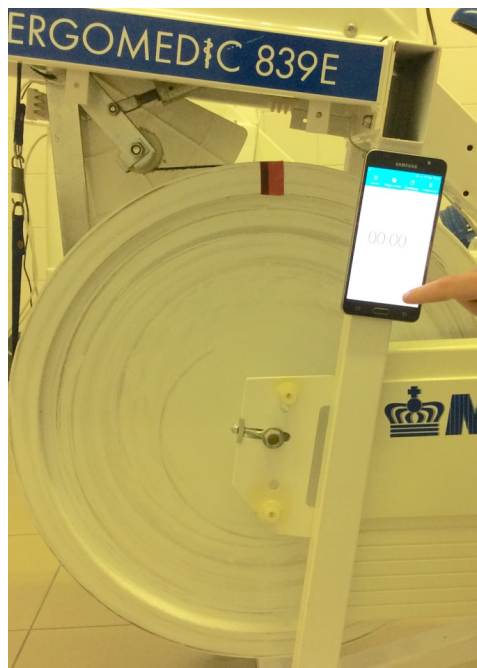
### Procedimentos

#### Procedimentos iniciais

<sup>12</sup> A potência anaeróbia pode ser definida como o máximo de energia liberada por unidade de tempo pelo sistema ATP-CP.

<sup>13</sup> A capacidade anaeróbia pode ser definida como a quantidade total de energia disponível no sistema ATP-CP.

- Equipar o indivíduo com o cardiofrequencímetro e fixar o smart1 no cicloergómetro com a aplicação de cronómetro (Figura 1).
- Verificar a marcação prévia da roda.



**Figura 1** Colocação do smart 1 e marcação da roda usados para a contagem das RPM no teste de Wingate.

- Iniciar um período de ativação de 3 a 5 min no cicloergómetro, sem carga, aumentando as RPM em períodos máximos de 10 s como forma de adequação ao sprint.

### Procedimentos do protocolo

- Calcular previamente a carga adequada para o indivíduo (75 g por kg de massa corporal):

- o Para um indivíduo com 80 kg, a carga será 6 kp (0,075 x 80 kg)
- Regulação da altura do assento para o indivíduo<sup>14</sup>.
- Iniciar a filmagem do teste com o smart 2 de modo a filmar a roda previamente marcada ([Figura 1](#)), e o smart 1 a cronometrar o tempo.
- Após a ativação, o indivíduo pedala à máxima intensidade sem resistência durante poucos segundos. É então libertada, no espaço de 3 s, a carga programada (6 kp no presente exemplo) e dada a ordem “Já” pelo avaliador.
- Em simultâneo, à ordem “Já” um segundo avaliador inicia o cronómetro do smart 1, fixado previamente no cicloergómetro ([Figura 1](#)).
- O indivíduo deve pedalar à máxima intensidade durante 30 s, terminando o teste à ordem “Fim” dada pelo avaliador.
- A partir do vídeo, observado em câmara lenta, registar:

<sup>14</sup> Deve manter um ângulo aproximado de 25° na articulação do joelho com o pedal em baixo e o indivíduo sentado no selim.

- o o número de revoluções da roda marcada (Figura 1), nos primeiros 5 s após o “Já”.
- o o número de revoluções da roda marcada (Figura 1), nos últimos 5 s antes do “Fim”.
- o o número de revoluções da roda marcada (Figura 1), nos últimos 30 s do teste.
- O cálculo da Potência de Pico (PP), faz-se a partir da fórmula:
  - o  $PP (W) = \text{Força [carga (kp) x aceleração da gravidade (m.s}^{-2}\text{)] x Distância (n}^{\circ}\text{ de revoluções x distância por revolução}^{15}) / \text{Tempo em segundos (5 s)}$
- A Potência de Pico Relativa (PPR), representa a PP relativa à massa corporal:
  - o  $PPR (W) = PP / \text{massa corporal (kg)}$
- O cálculo da Fadiga Anaeróbia (FA)<sup>16</sup> pode ser efetuado através da fórmula:
  - o  $FA (\%) = [(PP \text{ dos primeiros 5 s} - PP \text{ dos últimos 5 s}) / PP \text{ dos primeiros 5 s}] \times 100$

<sup>15</sup> No cicloergómetro [Monark® Ergomedic 828E](#) cada revolução corresponde a 6 m.

<sup>16</sup> Indica a percentagem de declínio da potência ao longo do teste, representando a capacidade total de produção de ATP através do sistema de fornecimento imediato (intramuscular).

- O Trabalho Anaeróbio (TA)<sup>17</sup> pode ser calculado a partir da seguinte fórmula:

$$\text{o TA (J) = Força [carga (kp) x aceleração da gravidade (m.s}^{-2}\text{)] x} \\ \text{Distância (n}^{\circ}\text{ de revoluções x distância por revolução)}$$

### Procedimentos finais

- Terminado o teste, é recomendada a realização de um período de recuperação ativa de 2 min, acompanhando o gradual retorno aos valores basais da FC.

---

<sup>17</sup> Representa todo o trabalho desenvolvido nos 30 s.

## TESTE DE CUNNINGHAM E FAULKNER NA PASSADEIRA (1969)

O teste de Cunningham e Faulkner (39) concretiza-se através da realização de uma prova de intensidade supramaximal, contínua e até ao esgotamento, que é efetuada na passadeira.

### Objetivo

Este teste é utilizado para determinar a capacidade anaeróbia<sup>18</sup> do indivíduo.

### Material

- Passadeira inclinável até 20% ([Technogym® Run Race™](#))
- Cronómetro
- Cardíofrequencímetro

### Procedimentos

#### Procedimentos iniciais

- Equipar o indivíduo com o cardíofrequencímetro.

<sup>18</sup> A capacidade anaeróbia pode ser definida como a quantidade total de energia disponível no sistema ATP-CP.



- Previamente ao teste, é realizado um período de ativação de 5 min na passadeira (2 min a 6 km.h<sup>-1</sup>, 2 min a 8 km.h<sup>-1</sup> e 1 min a 10km.h<sup>-1</sup>).
- Para a realização do teste recomenda-se a utilização de um arnês e corda que sustente o indivíduo em caso de queda (**Figura 2**) ou, como alternativa, a colocação de um colchão de quedas atrás da passadeira.



**Figura 2** Colocação do arnês e corda de segurança recomendados para segurança durante o teste de Cunningham e Faulkner na passadeira.

### Procedimentos do protocolo

- Após o período de ativação, a passadeira é posicionada a 13 km.h<sup>-1</sup> ( $\approx$  8 mph) com 20% de inclinação.

- O indivíduo deve colocar os pés na lateral da passadeira e executar 5 tentativas de entrar na passadeira a correr à velocidade do teste, permanecendo em sprint por 5 s, e voltando de seguida a colocar os pés na lateral da passadeira.
- Passado 1 min após a 5ª tentativa, o avaliador dá a ordem “Já” para iniciar o teste, iniciando em simultâneo a contagem de tempo no cronómetro.
- O teste de corrida na passadeira é contínuo até ao esgotamento, ou seja, até ao ponto em que o indivíduo não consegue manter a velocidade estabelecida.
- O avaliador regista o tempo do teste, desde a ordem “Já” até ao término do teste, arredondando aos 0,5 s.
- O cálculo da Distância Vertical (m), do Trabalho (kg-m) e da Potência (kg-m.min<sup>-1</sup>) observados durante a prova, faz-se a partir das seguintes fórmulas:
  - o Distância Vertical (m) = inclinação (%) x distância (velocidade em m.min<sup>-1</sup> x tempo do teste em min)  
  
= 0,2 (%) x 216,67 (m.min<sup>-1</sup>) x tempo (min)
  - o Trabalho (kg-m) = força (kg) x distância vertical (m)

= peso corporal<sup>19</sup> (kg) x distância vertical (m)

o Potência (kg-m.min<sup>-1</sup>) = trabalho (kg-m) / tempo (min)

o Potência (W) = Potência (kg-m.min<sup>-1</sup>) x 0.16344416666667

### Procedimentos finais

- o Terminado o teste é recomendada a realização de um período de recuperação ativa de 3 min a uma velocidade confortável na passadeira e acompanhando o gradual retorno aos valores basais da FC.

<sup>19</sup> considerar o peso como a força exercida na produção do trabalho.

## TAREFAS PRÁTICAS

### Teste de Wingate

- Indivíduo: \_\_\_\_\_
- Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Peso: \_\_\_\_\_ kg
- Estatura: \_\_\_\_\_ cm
- Hora: \_\_\_\_\_ (hh:mm)
- Aplicar o protocolo e analisar os resultados

### Resultados:

- Carga:  $0,075 \times \text{massa (kg)} = 0,075 \times \text{_____} = \text{_____} \text{ kp}$
- Número de revoluções nos primeiros 5 s = \_\_\_\_\_
- Número de revoluções nos últimos 5 s = \_\_\_\_\_
- Número de revoluções nos 30 s do teste = \_\_\_\_\_

- $PP_{\text{inicial}} (W) = \text{Força (carga x aceleração da gravidade)} \times \text{Distância (nº de revoluções primeiros 5 s x distância por revolução = 6 m)} / \text{Tempo em segundos (5 s)}$

$$= ( \quad \text{kp} \times 9,80665 \text{ m.s}^{-2} ) \times ( \quad \times 6 \text{ m} ) / 5 \text{ s}$$

$$= \quad \times \quad / 5$$

$$= \quad W$$

- $PPR_{\text{inicial}} (W) = PP / \text{massa corporal (kg)}$

$$= \quad W / \quad \text{kg}$$

$$= \quad W$$

- $PP_{\text{final}} (W) = \text{Força (carga x aceleração da gravidade)} \times \text{Distância (nº de revoluções últimos 5 s x distância por revolução = 6 m)} / \text{Tempo em segundos (5 s)}$

$$= ( \quad \text{kp} \times 9,80665 \text{ m.s}^{-2} ) \times ( \quad \times 6 \text{ m} ) / 5 \text{ s}$$

$$= \quad \times \quad / 5$$

$$= \quad W$$

- $PPR_{\text{final}} (W) = PP / \text{massa corporal (kg)}$

$$= \quad W / \quad \text{kg}$$

TESTES LABORATORIAIS PARA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ESFORÇO

$$= \text{_____} \text{ W}$$

- $\text{FA (\%)} = [(\text{PP dos primeiros 5 s} - \text{PP dos últimos 5 s}) / \text{PP dos primeiros 5 s}] \times 100$

$$= [(\text{_____ W} - \text{_____ W}) / \text{_____ W}] \times 100$$

$$= \text{_____} \%$$

- $\text{TA (J)} = \text{Força [carga (kp) x aceleração da gravidade (m.s}^{-2}\text{)] x Distância}$   
(nº de revoluções no tempo total da prova x distância por revolução = 6 m)

- $(\text{_____ kp} \times 9,80665 \text{ m.s}^{-2}) \times (\text{_____} \times 6 \text{ m})$

$$= \text{_____ J}$$

$$= \text{_____ kJ}$$

Wingate (1987)

Cunningham e Faulkner (1969)

Tarefas Práticas

## Teste de Cunningham e Faulkner

---

- Indivíduo: \_\_\_\_\_
- Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_
- Idade: \_\_\_\_\_
- Peso: \_\_\_\_\_ kg<sup>20</sup>
- Estatura: \_\_\_\_\_ cm
- Hora: \_\_\_\_\_ (hh:mm)
- Aplicar o protocolo e analisar os resultados

### Resultados:

- Tempo do teste \_\_\_\_\_ min
- Distância Vertical (m) = inclinação (%) x distância (velocidade em m.min<sup>-1</sup> x tempo do teste em min)

$$= 0,2 (20\%) \times 216,67 \text{ m.min}^{-1} (\approx 13 \text{ km.h}^{-1}) \times \text{tempo (min)}$$

$$= 0,2 \times 216,67 \text{ m.min}^{-1} \times \text{_____ min}$$

$$= \text{_____ m}$$

---

<sup>20</sup> considerar o peso do indivíduo como a força exercida na produção do trabalho.

- Trabalho (kg-m) = força (kg) x distância vertical (m)

$$= \text{_____ kg} \times \text{_____ m}$$

$$= \text{_____ kg-m}$$

- Potência (kg-m.min<sup>-1</sup>) = trabalho (kg-m) / tempo (min)

$$= \text{_____ kg-m} / \text{_____ min}$$

$$= \text{_____ kg-m.min}^{-1}$$

- Potência (W) = Potência (kg-m.min<sup>-1</sup>) x 0.16344416666667

$$= \text{_____} \times 0.16344416666667$$

$$= \text{_____ W}$$



## NOTAS FINAIS

A medição direta do  $\text{VO}_2\text{máx}$  obtida através de testes maximais será a forma mais precisa de determinação deste parâmetro fisiológico (40). Contudo, em muitos casos a realização de um esforço maximal não é aconselhável, como por exemplo em indivíduos idosos frágeis ou pacientes cardíacos. Nestes casos será mais indicado a estimacão do  $\text{VO}_2\text{máx}$  através de um TGE submaximal.

Os TGE submaximais ganharam popularidade sobretudo pela sua polivalência, apresentando, no entanto, menor precisão na medição do  $\text{VO}_2\text{máx}$ . Isto, devido ao erro intrínseco dos modelos de estimacão subjacentes a este tipo de teste, nomeadamente o erro causado por alguma personalização típica de qualquer modelo de regressão, pelo efeito de teto que ocorre quando a FC é o parâmetro preditivo ou, ainda, pelo efeito de aprendizagem (41).

O futuro dos TGE submaximais poderá passar por protocolos de esforço com intensidade e duração volitivos, utilizando sensores não invasivos para a medição de parâmetros fisiológicos (42).

Os testes maximais de avaliação do  $\text{VO}_2\text{máx}$ , apesar de mais rigorosos que os testes submaximais, apresentam também algumas limitações a ter em consideração aquando da interpretação dos resultados, como sejam (2):

- Com intensidades de esforço mais elevadas, o sistema respiratório pode ser limitante em alguns indivíduos treinados. Nestes casos os resultados do teste não aportarão diretamente ao rendimento do sistema cardiovascular.
- Alguns estudos reportam um maior volume sistólico no exercício máximo e submáximo em indivíduos treinados comparativamente a indivíduos não treinados. Desta forma, apesar do  $\text{VO}_2\text{máx}$  depender de todos os componentes do sistema de transporte de  $\text{O}_2$ , o volume sistólico parece ser o principal determinante do  $\text{VO}_2\text{máx}$  no indivíduo treinado e não o  $\text{VO}_2$  despendido.
- No exercício máximo, a capacidade de fornecimento da rede capilar ao nível muscular não será atingida, não sendo os testes maximais representativos do real valor máximo de aporte de  $\text{O}_2$  ao músculo.

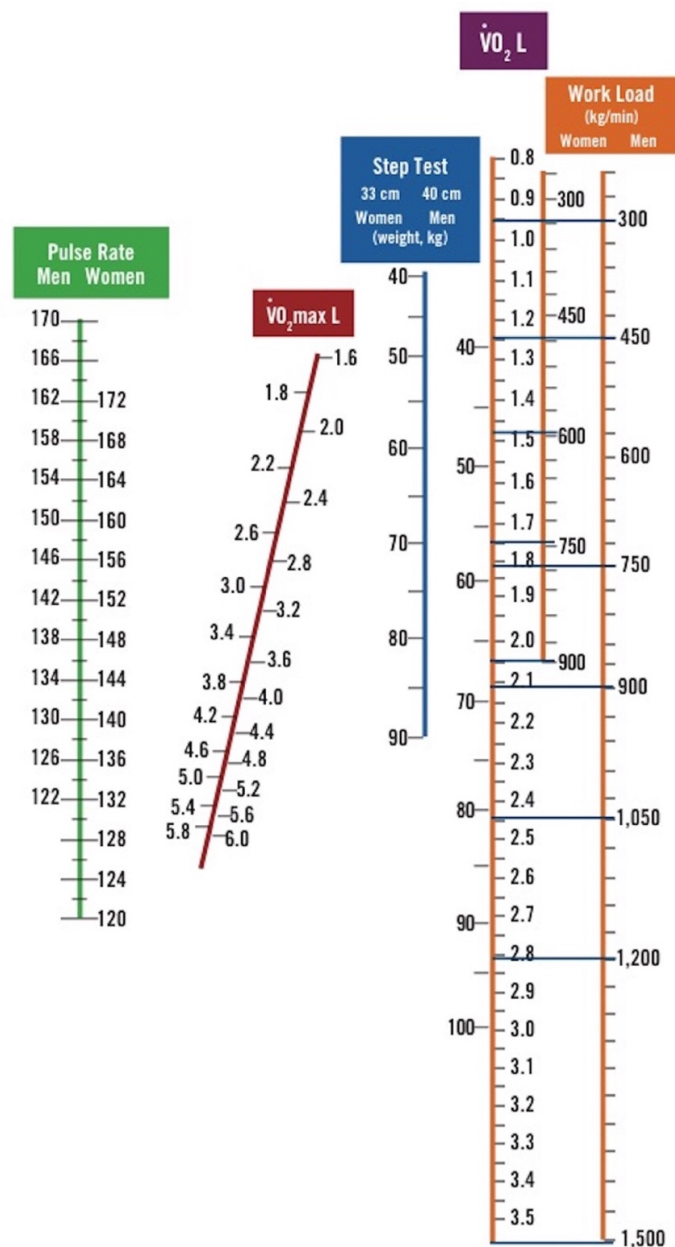
Abordagens mais recentes destacaram métodos alternativos para medir a capacidade máxima de exercício, como sejam os testes em rampa com intervalos de exercício supramaximal (43) ou os testes com utilização de escalas de auto-percepção de esforço (44).

Por seu turno, os testes supramaximais têm-se popularizado não apenas como método de avaliação, mas sobretudo como método de treino, principalmente para as modalidades de esforço intermitente com características aeróbias e anaeróbias (38).

Os testes supramaximais apresentam um bom espectro de investigação, oferecendo múltiplas possibilidades de aplicação em modalidades para as quais as formas de avaliação da capacidade anaeróbia, da potência anaeróbia ou da fadiga são ainda parcas, pouco precisas e pouco fiáveis. Estes testes, apresentam também algumas limitações, essencialmente relacionadas com a complexidade e exigência dos protocolos laboratoriais (11).

## ANEXOS

### Anexo 1 – Nomograma de Astrand-Ryhming modificado



Nomograma de Astrand–Ryhming Modificado: adaptado de American College of Sports Medicine (2014). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (9th ed.). Wolters Kluwer/ Lippincott Williams & Wilkins; original de Astrand, P.O. & Ryhming, I. (1954). A nomogram for calculation of aerobic capacity [physical fitness] from pulse rate during submaximal work. *Journal of Applied Physiology*, 7, 218–221.

Anexo 2 – Percentis para o VO<sub>2</sub>máx

**Tabela 5** Percentis para o VO<sub>2</sub>máx (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) de acordo com o género e a idade.

Percentis	Idade (anos)				
	20-29	30-39	40-49	50-59	60+
Mulheres	(N=1223)	(N=3895)	(N=4001)	(N=2032)	(N=465)
90	49.0	45.8	42.6	37.8	34.6
80	44.2	41.0	39.4	34.6	33.0
70	41.0	39.4	36.2	33.0	31.4
60	39.4	36.2	34.6	31.4	28.3
50	37.8	34.6	33.0	29.9	26.7
40	36.2	33.0	31.4	28.3	25.1
30	33.0	31.4	29.9	26.7	23.5
20	31.4	29.9	28.3	25.1	21.9
10	28.3	26.7	25.1	21.9	20.3

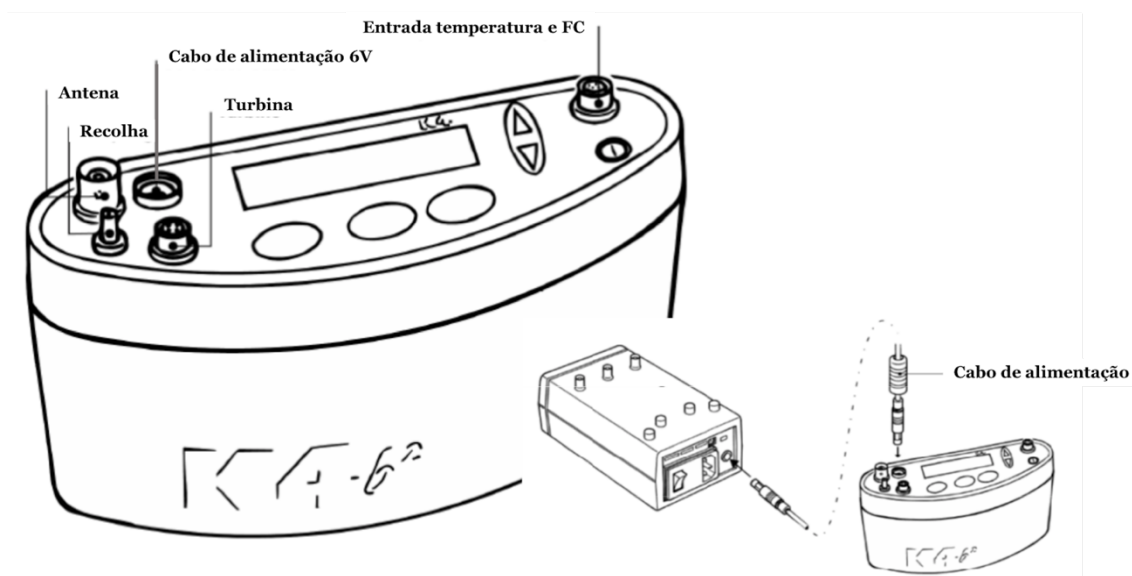
Percentis	Idade (anos)				
	20-29	30-39	40-49	50-59	60+
Homens	(N=2234)	(N=11158)	(N=13109)	(N=5641)	(N=1244)
90	55.1	52.1	50.6	49.0	44.2
80	52.1	50.6	49.0	44.2	41.0
70	49.0	47.4	45.8	41.0	37.8
60	47.4	44.2	44.2	39.4	36.2
50	44.2	42.6	41.0	37.8	34.6
40	42.6	41.0	39.4	36.2	33.0
30	41.0	39.4	36.2	34.6	31.4
20	37.8	36.2	34.6	31.4	28.3
10	34.6	33.0	31.4	29.9	26.7

Adaptado de ACSM (2006) *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 7<sup>th</sup> edition. Baltimore: Williams & Wilkins.

### Anexo 3 – Início e calibração do analisador de gases Cosmed® K4b2

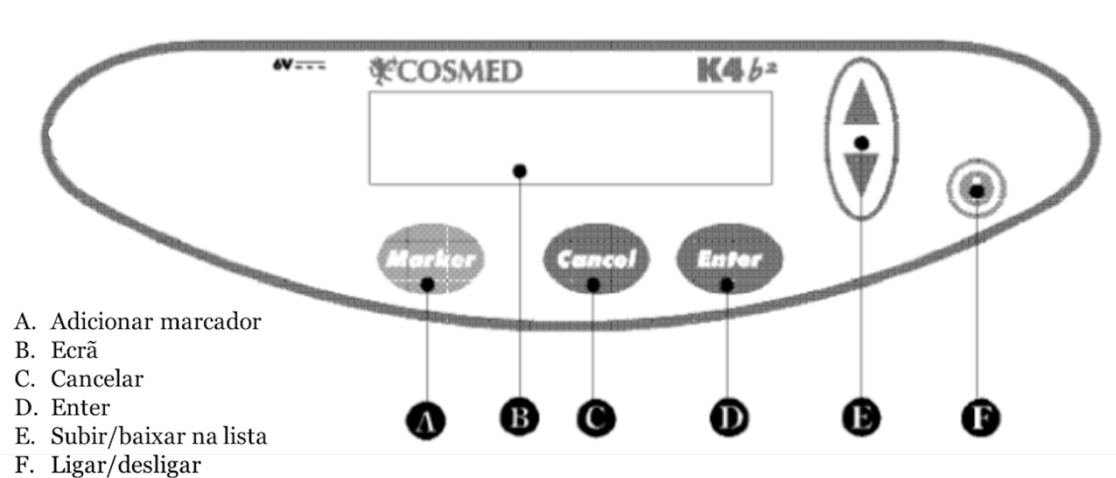
Os procedimentos de calibração e início da utilização do analisador de gases podem ser consultados, na sua versão original, no seu [manual de instruções](#). Todas as ilustrações expostas no Anexo 3 são adaptadas do manual de instruções oficial do fabricante [Cosmed®](#), atribuindo total propriedade intelectual e autoria à [Cosmed®](#).

#### 1. Montagem inicial



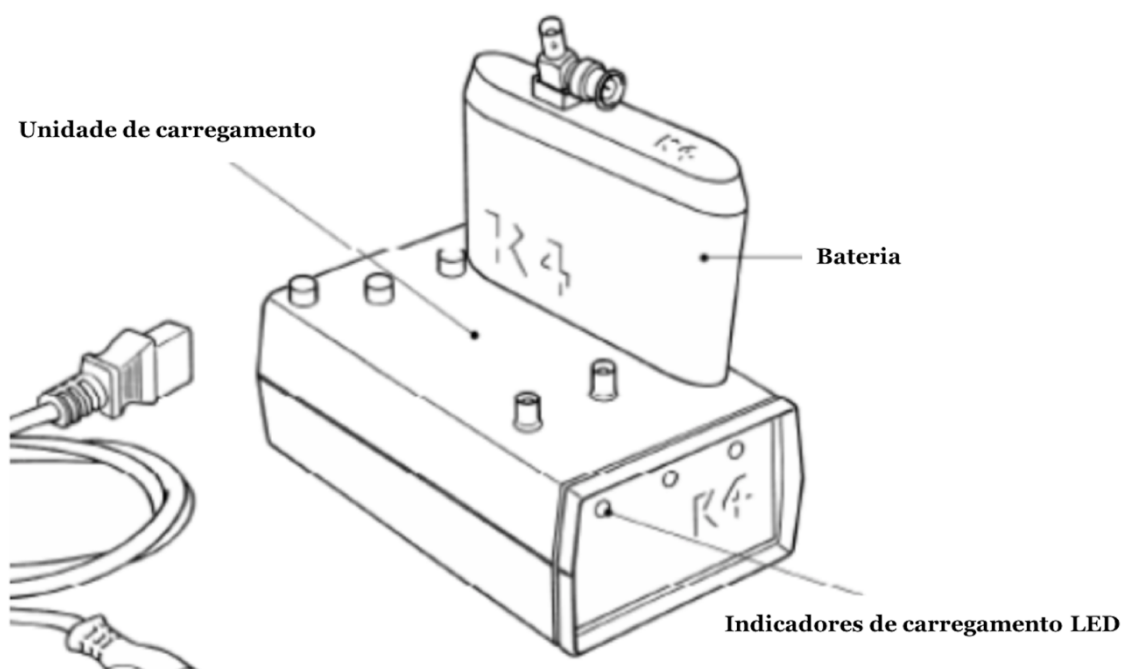
**Ilustração 1** - conectar o cabo de alimentação à unidade e ligar corrente.

## 2. Primeira ligação



**Ilustração 2** – ligar a unidade principal (F) e aquecer durante 15 min.

### 3. Carregamento das baterias



**Ilustração 3** – carregar as baterias durante o aquecimento da unidade principal, até as luzes verdes piscarem de forma intermitente, indicando carga completa.



#### 4. Exemplo das conexões do equipamento



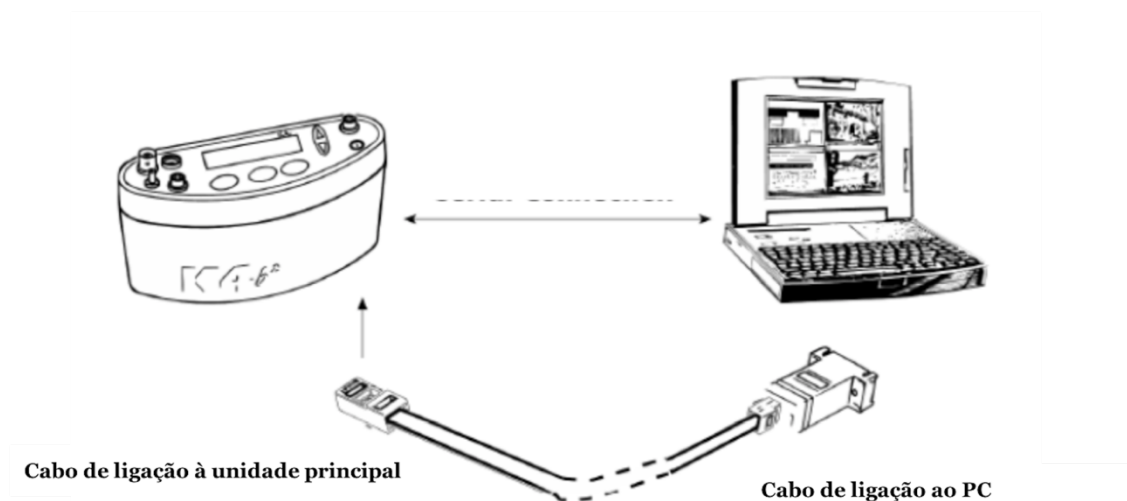
**Ilustração 4** – exemplo das ligações entre unidade principal, unidade de carregamento e máscara.

5. Verificar a conexões entre o computador e o analisador de gases. Particularmente, assegurar que as portas de entrada computador/analizador estão corretamente definidas no software.

6. Calibração do ar da sala<sup>21</sup>:

a. após o aquecimento da unidade principal, processa-se a calibração dos sensores, começando pela calibração do ar da sala.

b. conectar o K4 ao computador pessoal através do cabo (Ilustração 5).



**Ilustração 5** – ligação da unidade principal ao computador.

c. remover a linha de recolha da máscara.

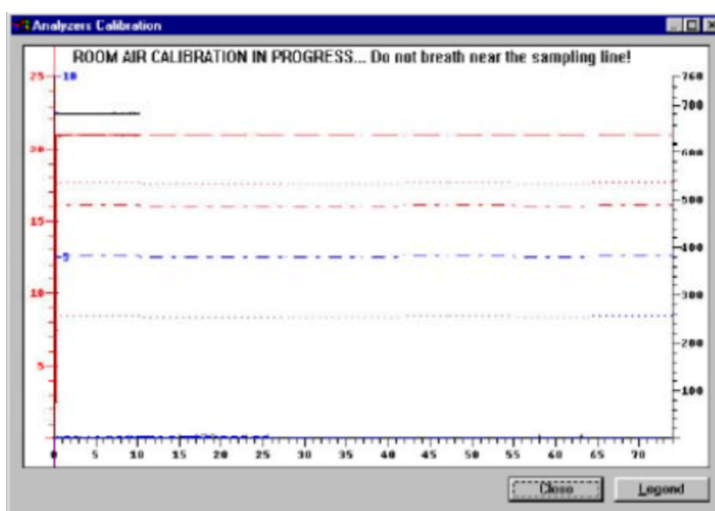
<sup>21</sup> Deve ser feita antes de cada avaliação/recolha.

TESTES LABORATORIAIS PARA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ESFORÇO



**Ilustração 6** – linha de recolha (cabo branco com pega preta).

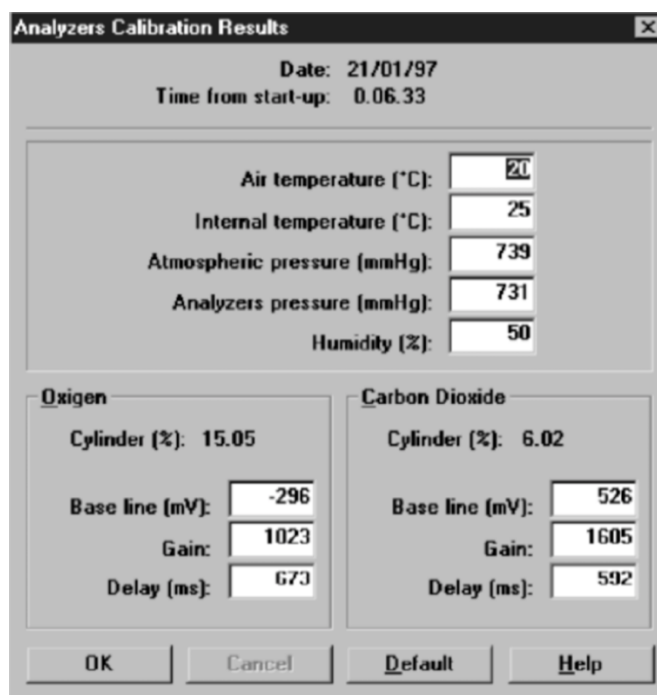
- d. no menu “Calibration” seleccionar “room air”.
- e. irá surgir um gráfico com a evolução da calibração.



**Ilustração 7** – gráfico da calibração do gás da sala.

- f. uma vez completa a calibração, surgirá um quadro resumo dos resultados (Ilustração 8), onde os valores a preto indicam níveis dentro dos limites e valores a vermelho níveis fora dos limites.

TESTES LABORATORIAIS PARA AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE ESFORÇO



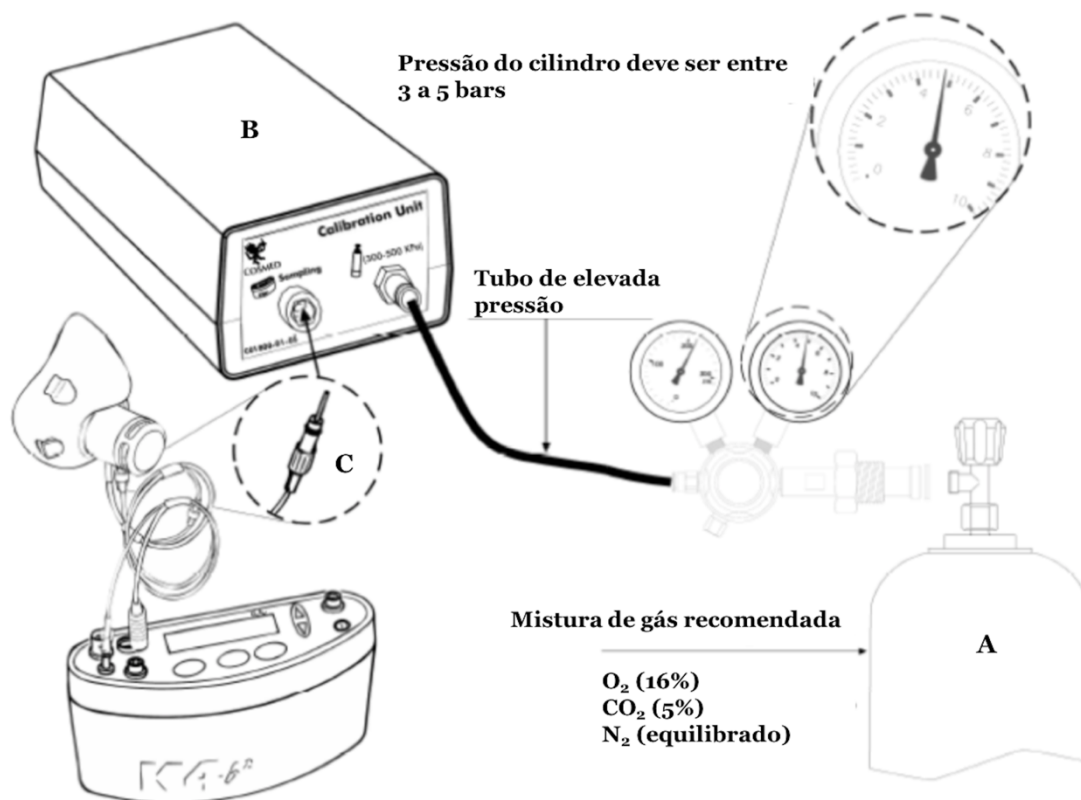
The image shows a software window titled "Analyzers Calibration Results". At the top, it displays the date "21/01/97" and "Time from start-up: 0.06.33". Below this, there are five input fields for environmental conditions: "Air temperature (°C)" with value 21, "Internal temperature (°C)" with value 25, "Atmospheric pressure (mmHg)" with value 739, "Analyzers pressure (mmHg)" with value 731, and "Humidity (%)" with value 50. The window is divided into two main sections: "Oxygen" and "Carbon Dioxide". The "Oxygen" section has a "Cylinder (%)" value of 15.05 and three calibration parameters: "Base line (mV)" at -296, "Gain" at 1023, and "Delay (ms)" at 673. The "Carbon Dioxide" section has a "Cylinder (%)" value of 6.02 and three calibration parameters: "Base line (mV)" at 526, "Gain" at 1605, and "Delay (ms)" at 592. At the bottom, there are four buttons: "OK", "Cancel", "Default", and "Help".

Analyzers Calibration Results	
Date: 21/01/97 Time from start-up: 0.06.33	
Air temperature (°C):	21
Internal temperature (°C):	25
Atmospheric pressure (mmHg):	739
Analyzers pressure (mmHg):	731
Humidity (%):	50
<b>Oxygen</b>	
Cylinder (%):	15.05
Base line (mV):	-296
Gain:	1023
Delay (ms):	673
<b>Carbon Dioxide</b>	
Cylinder (%):	6.02
Base line (mV):	526
Gain:	1605
Delay (ms):	592
OK Cancel Default Help	

**Ilustração 8** – quadro resumo dos resultados da calibração do gás da sala.

## 7. Calibração do gás de referência<sup>22</sup>:

- a. a calibração do gás de referência é efetuada com base nas concentrações de O<sub>2</sub> (16%), CO<sub>2</sub> (5%) e N<sub>2</sub> (equilibrado).

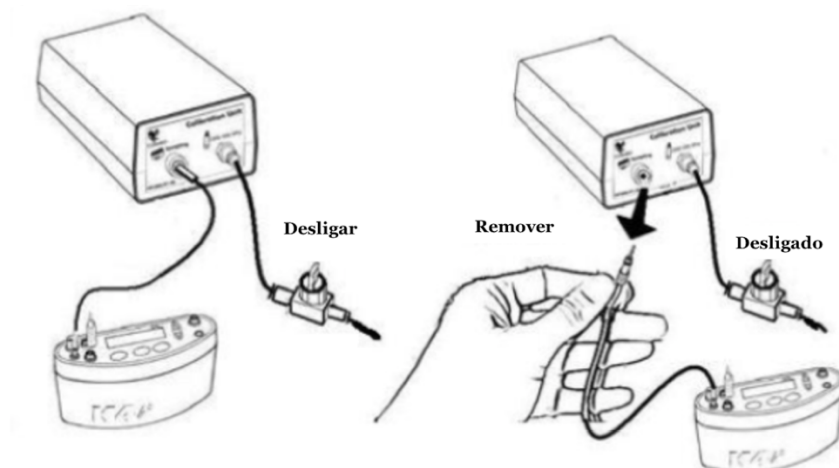


**Ilustração 9** – ligações da botija com a mistura de gás recomendada (A) à unidade de calibração (B) e desta à unidade principal através do cabo de recolha (C).

- b. ligar o tubo de elevada pressão à entrada do cilindro e à unidade de calibração, garantindo que a válvula do tubo está fechada.

<sup>22</sup> Deve ser feita diariamente.

- c. garantir que a unidade principal está ligada ao computador e que a linha de recolha não está ligada.
- d. abrir as válvulas da botija da mistura de gases e verificar se a pressão se encontra entre 3 a 5 bars, mantendo fechada a válvula do tubo de elevada pressão.
- e. no software seleccionar o campo “gas” do menu de calibração, garantindo que a linha de recolha está livre.
- f. é feita nova calibração do ar da sala pelo software.
- g. ao surgir a mensagem “sample reference gas”, ligar a linha de recolha à unidade de calibração no orifício “sampling” e em seguida abrir a válvula do tubo de elevada pressão.
- h. ao terminar a calibração do gás de referência surgirá a mensagem “Calibration done”, clicar “Ok” para confirmar os valores da calibração.
- i. fechar a válvula do tubo de elevada pressão e remover a linha de recolha, desligando posteriormente o tubo da unidade de calibração (Ilustração 10).



**Ilustração 10** – remoção da linha de recolha após calibração do gás de referencia.

- j. fechar as válvulas da botija da mistura de gases de forma sequencial, começando pela válvula que requer chave, e posteriormente as válvulas com os manípulos pretos.
- k. abrir a válvula do tubo de elevada pressão para permitir a saída do ar em pressão e, posteriormente, desligar o tubo da botija.

## 8. Calibração do Delay<sup>23</sup>:

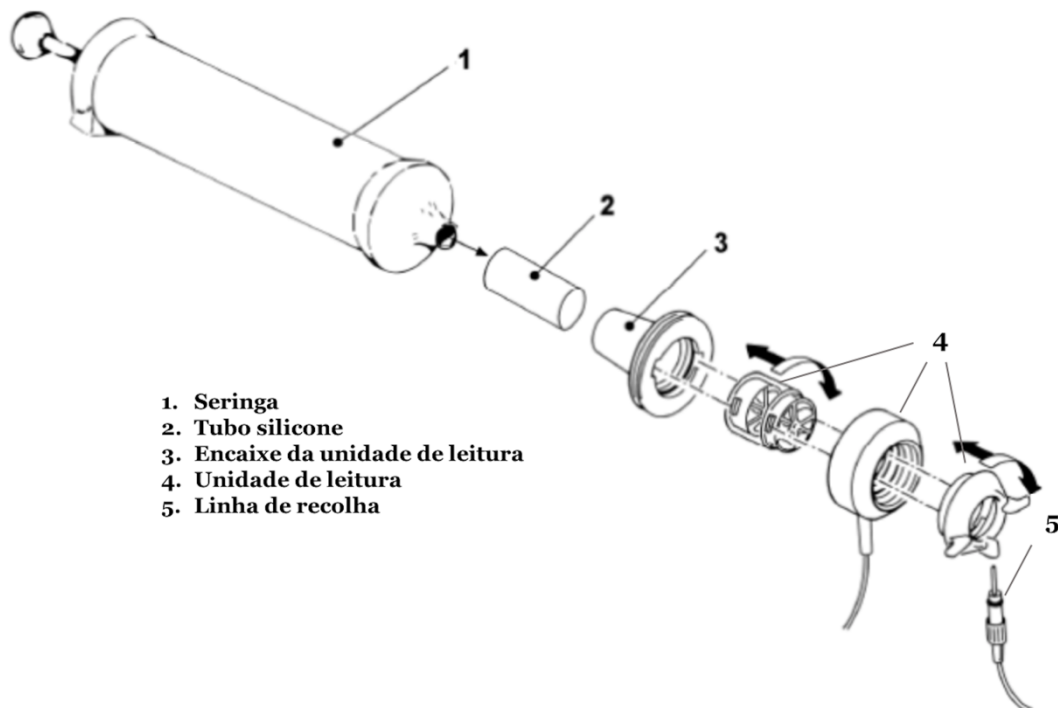
- a. ligar a unidade principal ao computador removendo a linha de recolha do leitor acoplado à máscara.
- b. no menu “Calibration” do software, selecionar “Delay”.
- c. garantir que a linha de recolha não está ligada para ser efetuada uma calibração prévia do gás da sala.
- d. no final da calibração do gás da sala, surgirá uma mensagem no software a pedir para ligar a linha de recolha ao leitor da máscara.
- e. clicar “Ok” quando estiver ligada.
- f. ajustar a máscara à cara e ventilar ao ritmo indicado pelos sinais sonoros emitidos pelo software, inspirando e expirando alternadamente a cada sinal.
- g. quando estiver concluída a calibração surgirá a mensagem “Calibration done” no software.

---

<sup>23</sup> Deve ser efetuada semanalmente.



## 9. Calibração da turbina<sup>24</sup>:



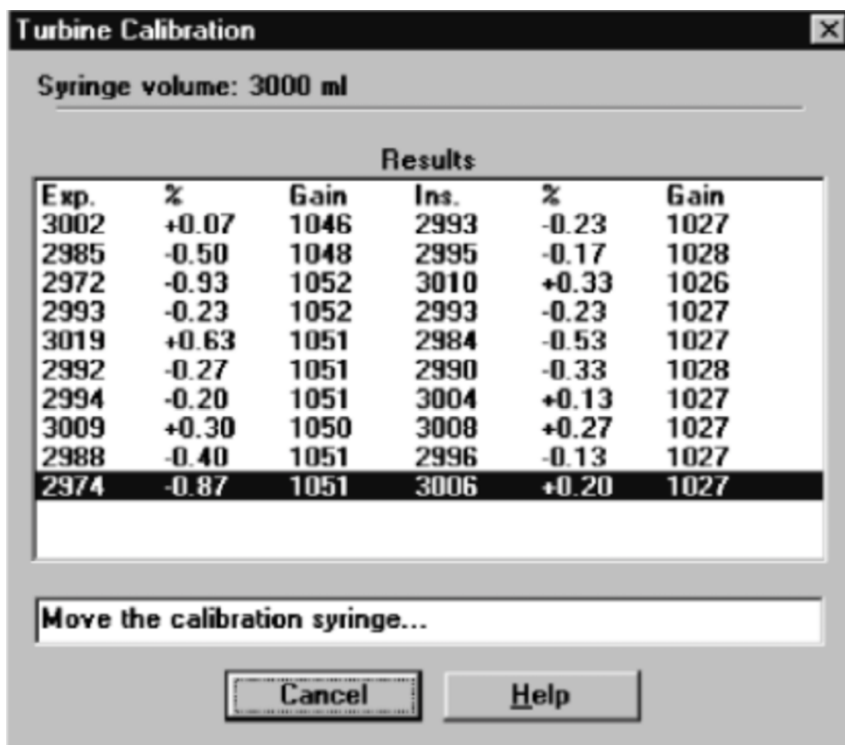
**Ilustração 11** – montagem da turbina de calibração.

- a. no menu “File” do software, selecionar “Reference values”  
e confirmar os 3 l como unidade de media da seringa.
- b. no menu “Calibration”, selecionar “Turbine”.
- c. ajustar todos os elementos tal como exposto na ilustração  
11.
- d. clicar “Ok” na caixa de texto que surgiu no software.

---

<sup>24</sup> Deve ser efetuada de 3 em 3 meses.

- e. executar 10 movimentos completos (5 dentro/ 5 fora) de injeção de ar (3 l) na seringa, confirmando a percentagem de erro das várias injeções na caixa de texto com os resultados da calibração da turbina.



**Turbine Calibration**

Syringe volume: 3000 ml

**Results**

Exp.	%	Gain	Ins.	%	Gain
3002	+0.07	1046	2993	-0.23	1027
2985	-0.50	1048	2995	-0.17	1028
2972	-0.93	1052	3010	+0.33	1026
2993	-0.23	1052	2993	-0.23	1027
3019	+0.63	1051	2984	-0.53	1027
2992	-0.27	1051	2990	-0.33	1028
2994	-0.20	1051	3004	+0.13	1027
3009	+0.30	1050	3008	+0.27	1027
2988	-0.40	1051	2996	-0.13	1027
2974	-0.87	1051	3006	+0.20	1027

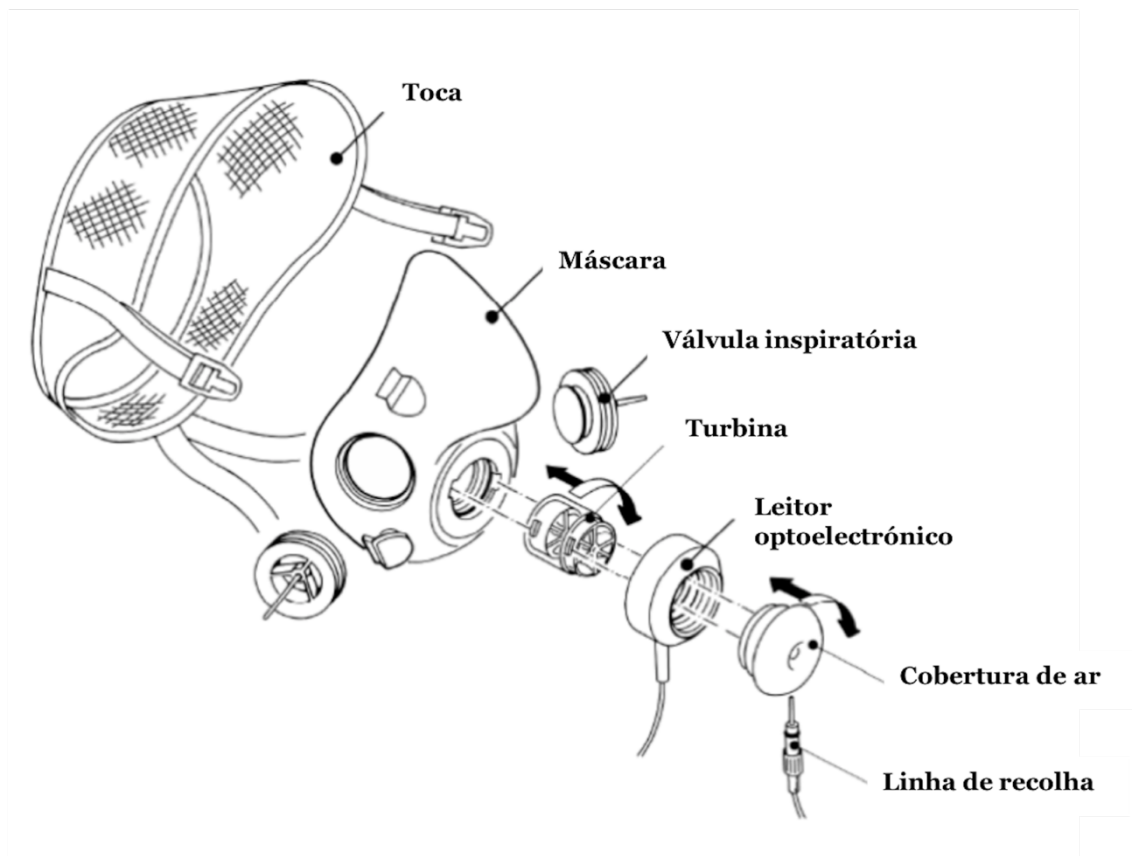
Move the calibration syringe...

Cancel Help

**Ilustração 12** – resultados da calibração da turbina, com as percentagens de erro dos movimentos de expiração e inspiração simulados pela seringa.

## 10. Início das recolhas

- a. montar os vários componentes da máscara, como demonstrado na ilustração 13.



**Ilustração 13** – montagem dos componentes relativos à máscara.

- b. equipar o participante com o arnês de suporte da unidade principal e da bateria (Figura 6).



**Figura 6** Indivíduo equipado com analisador de gases, encontrando-se a unidade principal na parte frontal e a bateria na retaguarda.

- c. instalar a unidade principal e a bateria no arnês, ligando os respectivos cabos, tal como ilustrado na figura.
- d. ligar a unidade principal, clicando “On”.
- e. inserir os dados relativos ao participante no software e iniciar o teste.

o atenção que, antes de iniciar a prova, deve confirmar que o sistema está a processar todos os dados (ventilatórios e cardiocirculatórios).

- f. os dados serão guardados em memória na unidade principal e passados para o computador quando voltarem a estar conectados.

## Anexo 4 – Formas de locomoção na passadeira e rentabilidade do movimento

O ser humano adulto utiliza principalmente duas formas de locomoção: marcha e corrida (45, 46). Existe uma velocidade a partir da qual cada pessoa altera naturalmente a forma de locomoção, passando da marcha para a corrida. Pretende-se com a prova proposta a seguir analisar este fenómeno e procurar a justificação para este fato.

Esta prova sugere-se indicada para a aprendizagem da utilização do analisador de gases por permitir uma adaptação progressiva ao software e sistema de utilização do analisador de gases.

### **Objetivo**

---

Determinar o consumo de oxigénio e a produção de dióxido de carbono em diferentes formas de locomoção na passadeira: marcha, corrida e na transição da marcha para a corrida.

### **Material**

---

- Passadeira
- Cronómetro
- Cardíofrequencímetro

- Analisador de gases
- Computador

## **Procedimentos**

---

### Procedimentos iniciais

---

- Iniciar o teste na passadeira, encontrando a velocidade em que a forma de deslocação do indivíduo muda do passo de marcha para o passo de corrida.
  - o Na passadeira iniciar o deslocamento em passo de marcha (sem inclinação).
  - o Encontrar e registar a velocidade confortável para manter o passo de marcha.
  - o Aumentar progressivamente a velocidade, mantendo a inclinação.
  - o Registar a velocidade a que o indivíduo muda o deslocamento do passo de marcha para o passo de corrida.
- Proceder à calibração do analisador de gases
- Dar início à recolha com o analisador de gases, clicando no comando “Start” no software.

- o Ainda em repouso, no diretório “Load”, clicar no marcador “Rest” do software.
- Confirmar que o software está a registar corretamente todos os parâmetros fisiológicos.
- Efetuar um aquecimento com carga baixa durante 2 min.
  - o Clicar no marcador “Warm-up” do software.

#### Procedimentos principais

---

- Iniciar a prova realizando a marcha ou corrida conforme estipulado em seguida. Cada esforço deve ser realizado durante cerca de 5 minutos para garantir a estabilização dos parâmetros fisiológicos.
  - o Clicar no marcador “Exercise” do software.
  - o Sempre que alterar a deslocação, adicionar um marcador no software
- Deslocação a uma velocidade 20% inferior à velocidade de mudança da forma de deslocamento.
  - Em passo de marcha.



- Em passo de corrida.
- Deslocação a uma velocidade 10% inferior à velocidade de mudança da forma de deslocamento.
  - Em passo de marcha.
  - Em passo de corrida.
- Deslocação à velocidade de mudança natural da forma de deslocamento.
  - Em passo de marcha.
  - Em passo de corrida.
- Deslocação a uma velocidade 10% superior à velocidade de mudança da forma de deslocamento.
  - Em passo de marcha.
  - Em passo de corrida.
- Deslocação a uma velocidade 20% superior à velocidade de mudança da forma de deslocamento.
  - Em passo de marcha.
  - Em passo de corrida.

- o Adicionar o marcador “Cool-down” no software assim que é terminado o teste.
- o Carregar no comando de “Stop” do software, só após a recuperação.

#### Procedimentos finais

---

- Terminado o teste, realizar um período de recuperação ativa (2 a 3 minutos), acompanhando o gradual retorno aos valores basais da FC.
- Com a utilização do analisador de gases, analisar a variação do consumo de oxigénio e da produção de dióxido de carbono nos diversos esforços efetuados em passo de marcha e em passo de corrida.

## REFERÊNCIAS

1. Hartung G, Krock L, Crandall C, Bisson R, Myhre L. Prediction of maximal oxygen uptake from submaximal exercise testing in aerobically fit and nonfit men. *Aviation, space, and environmental medicine*. 1993;64(8):735-40.
2. Medicine ACoS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription: Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA. 2013.
3. Ebbeling C, Ward A, Puleo E, Widrick J, Rippe J. Development of a single-stage submaximal treadmill walking test. *Medicine and science in sports and exercise*. 1991;23(8):966-73.
4. Wyndham C. Submaximal tests for estimating maximum oxygen intake. *Canadian medical association journal*. 1967;96(12):736.
5. Balke B, Ware R. An experimental study of physical fitness of Air Force personnel. *United States armed forces medical journal*. 1959;10(6):675-88.
6. Bruce R, Kusumi F, Hosmer D. Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *American heart journal*. 1973;85(4):546-62.
7. Patterson J, Naughton J, Pietras R, Gunnar R. Treadmill exercise in assessment of the functional capacity of patients with cardiac disease. *American journal of cardiology*. 1972;30(7):757-62.
8. Shephard R, Allen C, Benade A, Davies C, Di Prampero P, Hedman R, et al. The maximum oxygen intake: An international reference standard of cardio-respiratory fitness. *Bulletin of the world health organization*. 1968;38(5):757.
9. Zeballos R, Weisman I. Behind the scenes of cardiopulmonary exercise testing. *Clinics in chest medicine*. 1994;15(2):193-213.
10. Noonan V, Dean E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Physical therapy*. 2000;80(8):782-807.

11. Driss T, Vandewalle H. The measurement of maximal (anaerobic) power output on a cycle ergometer: a critical review. *BioMed research international*. 2013;2013.
12. Albouaini K, Egred M, Alahmar A, Wright D. Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgraduate medical journal*. 2007;83(985):675-82.
13. Astrand P-O, Ryhming I. A nomogram for calculation of aerobic capacity (physical fitness) from pulse rate during submaximal work. *Journal of applied physiology*. 1954;7(2):218-21.
14. Fox S, Naughton J, Haskell W. Physical activity and the prevention of coronary heart disease. *Annals of clinical research*. 1971;3:404-32.
15. Tanaka H, Monahan K, Seals D. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the american college of cardiology*. 2001;37(1):153-6.
16. Robergs R, Landwehr R. The surprising history of the "HRmax= 220-age" equation. *Journal of exercise physiology online*. 2002;5(2):1-10.
17. Beltz N, Gibson A, Janot J, Kravitz L, Mermier C, Dalleck L. Graded exercise testing protocols for the determination of VO<sub>2</sub>max: historical perspectives, progress, and future considerations. *Journal of sports medicine*. 2016;2016.
18. Blair S, Barlow C, Paffenbarger Jr R, Gibbons L. Cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *Journal of the american medical association*. 1996;276:205-10.
19. Kodama S, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *Journal of the american medical association*. 2009;301(19):2024-35.
20. Astrand P-O. Quantification of exercise capability and evaluation of physical capacity in man. *Progress in cardiovascular diseases*. 1976;19(1):51-67.

21. Ross R, Jackson A. Development and validation of total-work equations for estimating the energy cost of walking. *Journal of cardiopulmonary rehabilitation and prevention*. 1986;6(5):193.
22. Douglas C. A method for determining the total respiratory exchange in man. *The Journal of Physiology*. 1911;42:1-2.
23. Muscat K, Kotrach H, Wilkinson-Maitland C, Schaeffer M, Mendonca C, Jensen D. Physiological and perceptual responses to incremental exercise testing in healthy men: effect of exercise test modality. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*. 2015;40(11):1199-209.
24. Okita K, Nishijima H, Yonezawa K, Ohtsubo M, Hanada A, Kohya T, et al. Skeletal muscle metabolism in maximal bicycle and treadmill exercise distinguished by using in vivo metabolic freeze method and phosphorus-31 magnetic resonance spectroscopy in normal men. *The american journal of cardiology*. 1998;81(1):106-9.
25. Porszasz J, Casaburi R, Somfay A, Woodhouse L, Whipp B. A treadmill ramp protocol using simultaneous changes in speed and grade. *Medicine & science in sports & exercise*. 2003;35(9):1596-603.
26. Tanner D, Duke J, Stager J. Ventilatory patterns differ between maximal running and cycling. *Respiratory physiology & neurobiology*. 2014;191:9-16.
27. Astorino T, Robergs R, Ghiasvand F, Marks D, Burns S. Incidence of the oxygen plateau at VO<sub>2</sub>max during exercise testing to volitional fatigue. *Journal of exercise physiology online*. 2000;3(4):1-12.
28. Mcardle W, Katch F, Pechar G. Comparison of continuous and discontinuous treadmill and bicycle tests for max VO<sub>2</sub>. *Medicine and science in sports*. 1973;5(3):156-60.
29. Storer T, Davis J, Caiozzo V. Accurate prediction of VO<sub>2</sub>max in cycle ergometry. *Medicine and science in sports and exercise*. 1990;22(5):704-12.

30. Foster C, Jackson A, Pollock M, Taylor M, Hare J, Sennett S, et al. Generalized equations for predicting functional capacity from treadmill performance. *American heart journal*. 1984;107(6):1229-34.
31. Pollock M, Foster C, Schmidt D, Hellman C, Linnerud A, Ward A. Comparative analysis of physiologic responses to three different maximal graded exercise test protocols in healthy women. *American heart journal*. 1982;103(3):363-73.
32. Noordhof D, De Koning J, Foster C. The maximal accumulated oxygen deficit method. *Sports medicine*. 2010;40(4):285-302.
33. Weber C, Schneider D. Reliability of MAOD measured at 110% and 120% of peak oxygen uptake for cycling. *Medicine & science in sports & exercise*. 2001;33(6):1056-9.
34. Miyagi W, De Poli R, Papoti M, Bertuzzi R, Zagatto A. Anaerobic capacity estimated in a single supramaximal test in cycling: validity and reliability analysis. *Scientific reports*. 2017;7:42485.
35. Medbo J, Mohn A-C, Tabata I, Bahr R, Vaage O, Sejersted O. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated O<sub>2</sub> deficit. *Journal of applied physiology*. 1988;64(1):50-60.
36. Maisson G, Broeker A. Training in human muscles working with and without blood supply. *American journal of physiology-legacy content*. 1941;132(2):390-404.
37. Vandewalle H, Peres G, Heller J, Monod H. All out anaerobic capacity tests on cycle ergometers. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1985;54(2):222-9.
38. Bar-Or O. The Wingate anaerobic test an update on methodology, reliability and validity. *Sports medicine*. 1987;4(6):381-94.

39. Cunningham D, Faulkner J. The effect of training on aerobic and anaerobic metabolism during a short exhaustive run. *Medicine and science in sports*. 1969;1(2):65-9.
40. Arena R, Myers J, Williams M, Gulati M, Kligfield P, Balady G, et al. Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. *Circulation*. 2007;116(3):329-43.
41. Sartor F, Vernillo G, De Morree H, Bonomi A, La Torre A, Kubis H-P, et al. Estimation of maximal oxygen uptake via submaximal exercise testing in sports, clinical, and home settings. *Sports medicine*. 2013;43(9):865-73.
42. Plasqui G, Westerterp K. Accelerometry and heart rate as a measure of physical fitness: proof of concept. *Medicine and science in sports and exercise*. 2005;37(5):872-6.
43. Poole D, Wilkerson D, Jones A. Validity of criteria for establishing maximal O<sub>2</sub> uptake during ramp exercise tests. *European journal of applied physiology*. 2008;102(4):403-10.
44. Eston R. Perceived exertion: Recent advances and novel applications in children and adults. *Journal of exercise science & fitness*. 2009;7(2):S11-S7.
45. Walker J, Murray T, Jackson A, Morrow J, Michaud T. The energy cost of horizontal walking and running in adolescents. *Medicine and science in sports and exercise*. 1999;31(2):311-22.
46. Mercier J, Le Gallais D, Durand M, Goudal C, Micallef J, Préfaut C. Energy expenditure and cardiorespiratory responses at the transition between walking and running. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1994;69(6):525-9.



UNIVERSIDADE DE ÉVORA  
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE DESPORTO E SAÚDE